Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

UNTERSUCHUNG ÜBER DIE AUSWIRKUNGEN UNTERSCHIEDLICHER TENSIDGEHALTE ZWEIER ZAHNPASTEN

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard–Karls–Universität
Tübingen

vorgelegt von
REINHOLD ABT
aus Fellheim

1982

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

UNTERSUCHUNG ÜBER DIE AUSWIRKUNGEN UNTERSCHIEDLICHER TENSIDGEHALTE ZWEIER ZAHNPASTEN

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard–Karls–Universität
Tübingen

vorgelegt von
REINHOLD ABT
aus Fellheim

1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. K. Voigt

Berichterstatter: Professor Dr. Dr. P. Riethe

---

gedruckt bei H.- J. Köhler , Reprografischer Betrieb , Tübingen

Meiner Mutter

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung und Problemstellung	1
2.	Allgemeiner Teil	3
2.1	Zahnbürsten, Begriffe, Maße, Anforderungen	3
2.2	Besteckungsmaterialien und Fremdauflagerungen .	3
2.3	Putzmethoden	8
2.4	Zahnpasten	9
3.	Eigene Untersuchungen	15
3.1	Material und Methode	15
3.1.1	Untersuchungsziel	15
3.1.2	Zahnpasten	15
3.1.3	Probanden	15
3.1.4	Methode	16
4.	Ergebnisse und ihre statistische Auswertung ...	30
5.	Diskussion der Ergebnisse	44
6.	Zusammenfassung	46
7.	Tabellenanhang	48
8.	Bildanhang	57
9.	Literaturverzeichnis	63

1. Einleitung und Problemstellung

Die hohe Morbidität der Bevölkerung an Karies und Parodontopathien sowie der massive Kostenanstieg im Gesundheitswesen führen zu einem Umdenken in der zahnärztlichen Praxis, wobei die präventive Zahnheilkunde mehr an Bedeutung gewinnt.

Beim Patienten beginnt die Prophylaxe für die Plaquekrankheiten, Karies und Parodontopathien, mit der täglichen mechanischen Zahnreinigung und Zahnfleischmassage und endet mit einer regelmäßigen Kontrolle durch den Zahnarzt. Dessen Aufgabe ist die Instruktion der systematischen Zahnreinigung und die Motivation der Patienten zur täglichen Mundhygiene. Vorsorge erfaßt auch die Frühbehandlung der Milchzähne und der im Durchbruch befindlichen bleibenden Zähne durch prophylaktische und erweiterte Fissurenversiegelung.

Wie die Erfahrung lehrt, reichen die häusliche Oralhygiene und die in größeren zeitlichen Abständen durchgeführten Mundhygieneinstruktionen durch den Zahnarzt bei Kindern und Jugendlichen nicht aus, um Karies und bakteriell verursachte Gingivitiden zu verhüten. Seit einigen Jahren werden sowohl Kindergärten als auch Schulen mit Prophylaxeeinrichtungen ausgerüstet. Angestrebt wird nicht nur eine Senkung der Kariesmorbiditätsrate, sondern auch das frühzeitige Erlernen und Einüben einer gewissen Disziplin und Verantwortung gegenüber der eigenen Gesundheit mit ihren positiven Konsequenzen auf das persönliche Wohlbefinden und die Leistungsbereitschaft. Geeignete Mittel dazu sind in Kindergärten etwa entsprechende Spiele, gemeinsames Essen und gemeinsame Mundpflege unter der Anleitung von instruierten Kindergärtnerinnen. Daß sich in den Schulen die Zahngesundheitserziehung ohne starke Belastung des Unterrichts einbauen läßt, ist in vielen Ländern bereits erwiesen. Zähneputzen, Demonstrationen und Üben sinnvoller Zahnputzmethoden sowie Belehrung über zweckmäßige Ernährung und

Verteilung von Fluoridtabletten können hier maßgeblich zur Mundhygieneerziehung beitragen.

Verbreitetste Methode zur mechanischen Reinigung der Zähne ist das Zähneputzen mit Bürste und Paste unter Anwendung einer effektiven Zahnputztechnik.

2. Allgemeiner Teil

2.1 Zahnbürsten, Begriffe, Maße, Anforderungen

Die Zahnbürste muß den individuellen Anforderungen in Größe, Form und Beschaffenheit angepaßt und wirksam zu handhaben sein. Sie soll entsprechend den Begriffen, Maßen und Anforderungen des DIN-Entwurfs DIN 13917 Teil 1 des Normenausschusses Dental in DIN, Deutsches Institut für Normung e. V. Berlin (Februar 1979) konstruiert und beschaffen sein (vgl. S. 4, 5 und 6).

2.2 Besteckungsmaterialien und Fremdauflagerungen

Als Besteckungsmaterialien finden natürliche Borsten (Naturborsten - Schweineborsten, Pferdemähnen, Dachs- und Ziegenhaare), Kunststoffborsten (Monofile - Nylon, Perlon, Dorlon, Polyurethan usw.) und Kombinationen aus beiden Verwendung. Von GÜLZOW, H.J. und KEILWERTH, S. (1971) durchgeführte Untersuchungen verdeutlichten, daß Zahnbürsten mit Naturborsten und solche mit Monofilen von 2246 befragten Studierenden der Universität Erlangen-Nürnberg "ungefähr im Verhältnis 1 : 1 verwendet werden", obwohl die Besteckung aus synthetischem Material "aus mechanischen und hygienischen Gründen vorzuziehen ist". Die internationale Normungsarbeit läßt einen Trend in Richtung der synthetischen Besteckungsmaterialien erkennen.

Naturborsten bestehen aus einer Rindensubstanz, die mit einem schuppigen, dachziegelförmig übereinandergelagerten Oberhäutchen versehen ist. Diese porige und rauhe Oberfläche des Borstenschafts bildet mit dem durch die Naturborsten verlaufenden Markkanal viele Retentionsstellen für Bearbeitungsrückstände und Fremdablagerungen. Das Rohmaterial der Naturborsten läßt sich weder standardisieren noch bearbeiten. Ihre hygroskopische Eigenschaft, die vornehmlich durch den Markkanal bedingt ist, führt zum Quellen der

DK 687.972.2 : 646.73 : 001.4 DEUTSCHE NORMEN Februar 1979

Zahnheilkunde

Zahnbürsten

Begriffe, Maße, Anforderungen

DIN 13 917 Teil 1

Dentistry; toothbrushes; definitions, dimensions, requirements

Maße in mm

1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für manuell betätigte Zahnbürsten, die zur üblichen Mundhygiene dienen. Sie gilt nicht für Prothesenzahnbürsten. Für elektrisch betriebene Zahnbürsten ist eine Norm in Vorbereitung.

Für die Prüfung der Härte der Besteckung ist eine Norm in Vorbereitung.

2 Zweck

Der Zweck dieser Norm ist es, im Interesse des Verbrauchers und Herstellers einheitliche Begriffe und Anforderungen festzulegen.

3 Begriffe

3.1 Griff

Der Griff ist der Teil der Zahnbürste, der zum Fassen der Bürste dient.

3.2 Bürstenkopf

Der Bürstenkopf ist der Teil der Zahnbürste, der den Besteckungsträger (Borstenträger) und die Gesamtheit des Besteckungsmaterials umfaßt.

Anmerkung: Der Begriff Borsten ist im Sinne einer in Vorbereitung befindlichen Norm auf natürliche Borsten beschränkt.

In der Praxis wird er jedoch allgemein benützt, d. h. sowohl für natürliche Borsten als auch für solche, die aus synthetischen Werkstoffen (Monofile) hergestellt werden.

3.3 Bürstenfeld

Das Bürstenfeld ist diejenige Fläche, die von der Besteckung (Borsten) in Schnitthöhe gebildet wird.

3.4 Bündel

Das Bündel ist die Zusammenfassung der einzelnen Borsten oder Monofile

3.5 Besteckung

Die Besteckung ist die Gesamtheit der Bündel im Bürstenkopf.

4 Einteilung

Zahnbürsten werden nach dem Personenkreis, der sie verwendet und nach der Härte der Besteckung eingeteilt.

Tabelle 1. **Einteilung nach Personenkreis**

Zahnbürsten für	Gruppe
Kinder	1
Jugendliche	2
Erwachsene	3

Tabelle 2. **Einteilung nach Härte**

Härten	Kurzzeichen
Weich	W
Mittel	M
Hart	H

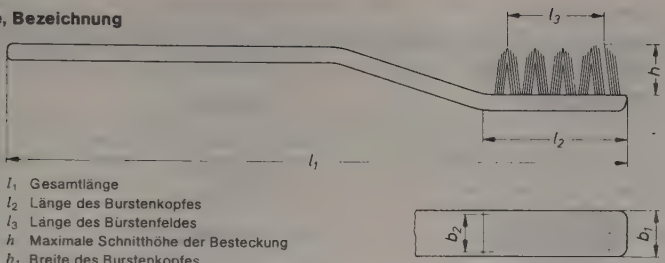
Fortsetzung Seite 2 und 3
Erläuterungen Seite 3

Normenausschuß Dental im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet

Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, Berlin 30 und Köln 1
02 79

5 Maße, Bezeichnung



l_1 Gesamtlänge
l_2 Länge des Burstenkopfes
l_3 Länge des Bürstenfeldes
h Maximale Schnitthöhe der Besteckung
b_1 Breite des Burstenkopfes
b_2 Breite des Bürstenfeldes

Bild 1.

Bezeichnung einer Zahnbürste für Kinder (1) mit einer Härte der Besteckung weich (W), mit gerader Besteckung (GR) und gerade angeordneten Bündeln (P):

Zahnbürste DIN 13 917 – 1 W – GR – P

6 Anforderungen

Alle verwendeten Werkstoffe müssen gegen in Zahnpasten und Mundwasser enthaltenen Roh-, Hilfs- und Wirkstoffe bei bestimmungsgemäßen Gebrauch indifferent sein.

6.1 Maße

Die Maße müssen den Werten in Tabelle 3 und Tabelle 4 entsprechen

6.2 Werkstoff

6.2.1 Griff und Besteckungsträger

Der Griff und der Besteckungsträger sind aus einem geeigneten stoß- und schlagfesten Werkstoff (z. B. Kunststoff). Sie sollen frei von unangenehmem Geruch oder Geschmack sein. Farbstoff darf im verarbeitetem Zustand keine gesundheitlichen Schäden verursachen.

6.2.2 Besteckung

Die Besteckung besteht aus Borsten oder Monofilen. Sie muß hygienisch einwandfrei und frei von unangenehmem Geruch und Geschmack sein. Farbstoff darf in verarbeitetem Zustand keine gesundheitlichen Schaden verursachen.

6.2.3 Befestigung

Der zur Befestigung der Bündel verwendete Anker muß aus korrosionsfestem Material hergestellt sein. Nach Entfettung mit Benzin darf der Anker keine sichtbare Korrosion aufweisen, wenn er 48 Stunden lang bei 20 bis 25 °C in deionisiertem Wasser eingetaucht wurde.

6.2.4 Toxizität

Die Zahnbürsten dürfen bei bestimmungsgemäßem Gebrauch keine toxischen Substanzen abgeben.

6.3 Härte

Siehe Tabelle 4 und Abschnitt Erläuterungen.

Werden Monofile, z. Z. vorwiegend Polyamide, als Besteckungsmaterial verwendet, so richtet sich die Härte der Besteckung nach dem Durchmesser des verwendeten Rohmaterials.

Werden Borsten als Besteckungsmaterial verwendet, so richtet sich die Härte der Besteckung nach der Länge des verwendeten Rohmaterials.

6.4 Form des Griffes

Gerade, kontrawinklig oder etwa 16° Abwicklung

6.5 Form des Bürstenfeldes

Das Bürstenfeld ist im wesentlichen plan.

Bild 2.

Tabelle 3.

Gruppe	b_1 max	b_2 max	l_1 min	l_3	h
1	11	9	130	18 bis 25	9 bis 11
2	13	11	150	22 bis 30	11 bis 13
3	15	13	160	25 bis 40	11 bis 13

Tabelle 4

Härten	Durchmesser der Monofile zul Abw ± 10 % Bei Schnitthöhe		Rohlänge der Borsten Bei Schnitthöhe	
	9–11	11–13	9–11	11–13
Weich	0,16–0,2	0,17–0,22	38–44	44–51
Mittel	0,22–0,24	0,23–0,26	51–57	57–64
Hart	0,26–0,28	0,27–0,3	64–70	70–83

6.6 Schnitt der Besteckung

Der Schnitt der Besteckung ist entweder gerade (GR), siehe Bild 2 oder ausgezahnt (AZ), siehe Bild 1. Die freien Enden sind möglichst glatt und abgerundet.

6.7 Anordnung der Bündel

Die Bündel sind entweder parallel (P), siehe Bild 2 oder gegeneinander geneigt (z. B. V-Stellung) (V), siehe Bild 1 sowie in Quer- und Längsreihen angeordnet.

6.8 Anzahl der Bündel mindestens

In der Breite: 3 Reihen
In der Länge: 6 Reihen

6.9 Befestigung der Bündel

Die einzelnen Bundel sind so herzustellen, daß sie bei einer konstanten, direkten Zugkraft von 25 N auf das ganze Bündel nicht herausgezogen werden

7 Lieferart und Verpackung

Zahnbürsten nach dieser Norm werden hygienisch verpackt geliefert, wobei mindestens der Zahnbürstenkopf sichtbar sein muß

8 Kennzeichnung

Zahnbürsten nach dieser Norm dürfen selbst oder auf der Verpackung zusätzlich mit dem Verbandszeichen DIN oder DIN 13 917 gekennzeichnet werden.

8.1 Zahnbürste

Der Griff der Zahnbürste ist mit folgenden Angaben dauerhaft und lesbar zu versehen:

a) Name oder Handelszeichen des Herstellers oder Verteilers

b) Härte nach Tabelle 2

8.2 Verpackung

Die Verpackung ist wie folgt zu kennzeichnen:

a) Das Wort „Zahnbürste" (bei undurchsichtiger Verpackung)

b) Gruppe nach Tabelle 1

c) Name oder Handelszeichen des Herstellers oder Verteilers

d) Härte nach Tabelle 2

Erläuterungen

Der Arbeitsausschuß Zahnbürsten hat sich wiederholt mit der Frage der Härte der Besteckung von Zahnbürsten befaßt, da sie eines der wesentlichen Kriterien für Zahnbürsten ist, und Zahnbürsten nach ihrer Härte dem Laien angeboten werden. Dabei hat sich gezeigt, daß eine Definition der Härte sehr schwierig ist, weil sie von verschiedenen Einflußgrößen wie verwendetem Werkstoff, Länge, Dicke, Schnittlänge etc. abhängig ist, die sich gegenseitig beeinflussen und deshalb im Zusammenhang miteinander gesehen werden müssen.

Eine Prüfmethode für die Härte, die diese Einzelgrößen unberücksichtigt lassen kann, jedoch die Härte als objektive Große einer Zahnbürste mißt, ist bisher noch nicht bekanntgeworden. Eine in England entwickelte Prüfmethode konnte wegen mangelnden Ergebnissen noch nicht verifiziert werden.

Der Arbeitsausschuß ist bemüht, die Frage der Härte zu klären und eine geeignete Prüfmethode zu erarbeiten. Sie wird in Teil 2 dieser Norm erscheinen.

Durch die Maßangaben in den Tabellen 3 und 4 der Norm ist eine grobe Einteilung in 3 Gruppen hart, mittel und weich vorgenommen worden. Neben diesen, von der klinischen Indikation ausreichenden Härtegruppen sind auch extra weiche und extra harte Zahnbürsten handelsüblich, die aber nicht empfohlen werden.

Borsten, zum Verlust der Elastizität und Festigkeit. Auf- und Abquellen führen zum Weicherwerden des Borstenmaterials. Wie klinische Untersuchungen bestätigen, besteht durch unbearbeitete Borstenenden eine generelle Verletzungsgefahr für die Gingiva (BARNARIUS, R. et al. 1967, IHM, P. und SCHNELL, H. 1971, GLICKMAN, G. 1972, SANGES, G. und GJERMO, P. 1976). Das Risiko weiterer Schleimhautläsionen verstärkt sich mit zunehmendem Gebrauch dieser Zahnbürsten. Untersuchungen von RIETHE, P. und MUNZ, H.-U. (1979) zeigten, daß "Naturborstenenden schon nach 2 Wochen aufgefasert und nach sechs Monaten mehr Waffe als Zahnbürste (mit Zahnpaste) für Zahnhartsubstanz und Zahnfleisch waren" (BREITENMOSER, J. et al. 1978).

Monofile haben eine relativ glatte röhren-porenfreie Oberfläche und keinen Markkanal. Material und chemische Struktur der Kunststoffborsten sind gleich. Im Gegensatz zu natürlichem Borstenmaterial nimmt die "aus synthetischem Werkstoff hergestellte Besteckung praktisch keine Feuchtigkeit auf. Dadurch bleiben die Materialeigenschaften (Stabilität, Haltbarkeit, Elastizität, Uniformität) weitgehend konstant, unbeeinflußt von der Hydratation beim täglichen Gebrauch" (RIETHE, P., MUNZ, H.-U. 1979). Es besteht die Möglichkeit der Herstellung produktionsrunder Borstenenden, wie sie von der einschlägigen Literatur (BASS, C.C. 1948, WANNENMACHER, E. 1963, SAUERWEIN, E. 1962, RIETHE, P. 1974, SCHWEIZER-HIRT, C. 1979) und den bisher vorliegenden Spezifikationen zur Vermeidung mechanischer Läsionen empfohlen werden. Nach Untersuchungen von SCHWEIZER-HIRT, C. (1979), KLIMA, J. und ROSSIWALL, B. (1976) erfüllen auch Monofile nicht alle Erwartungen hinsichtlich abgerundeter Enden. Die Schäfte weisen Verarbeitungsmängel und Bearbeitungsrückstände auf, die von RIETHE, P. und MUNZ, H.-U. (1979) bestätigt werden konnten. Außerdem stellten die Autoren fest, daß die frühere Auffassung einer "eindeutigen Glättung der Konturen", wie zuletzt von HENSCHKE, B. et al. (1978) beschrieben, nicht mehr aufrecht erhalten werden kann.

Beide Besteckungsmaterialien, Naturborsten und Monofile, zeigen nach Studien von RIETHE, P. und MUNZ, H.-U. (1979) unterschiedlich starke Fremdauflagerungen. Bei den homogeneren Formen der Monofilen waren die Rückstände von Pasten und Mikroorganismen weniger stark ausgeprägt gegenüber dem heterogenen Aufbau des tierischen Materials. Die schuppige Cuticula der Oberfläche und die Auffaserungen der Borsten beim Gebrauch bieten günstige Retentionsmöglichkeiten. Demgegenüber zeigt synthetisches Borstenmaterial auch nach längerem Gebrauch noch eine homogene Struktur. Dadurch wird eine übermäßige Keimbesiedlung erschwert. Der früher von verschiedenen Autoren (LEIMGRUBER, C. 1951, DREYFUSS, K. 1955, BEYELER, K. und MOOSER, M. 1960, SAUERWEIN, E. 1962, SCHUBERT, L. 1963) geäußerten Ansicht, wonach der Markkanal von Naturborsten als idealer Nährboden für Mikroorganismen anzusehen sei, können RIETHE, P. und MUNZ, H.-U. (1979) nach Auswertung von rasterelektronenmikroskopischen Längsschnittaufnahmen nicht mehr folgen. Diese zeigen, daß der Kanaleingang bzw. das erste Drittel frühzeitig durch gehäufte Pfropfbildungen verlegt und durch Quellungsvorgänge blockiert wird. Somit entfällt weitgehend eine Keimbesiedlung weiterer Kanalabschnitte.

2.3 Putzmethoden

Einen wesentlichen Einfluß auf die Effektivität der Mundhygiene hat neben der Zahnbürste die Anwendung einer systematischen Zahnbürstmethode (SAUERWEIN, E. 1962). In praxi haben sich die drei folgenden Methoden bewährt: Rotations-, Roll- und Charters-Methode (SAUERWEIN, E. 1962, RATEITSCHAK, K.H. und Mitarb. 1978, RIETHE, P. 1962, 1974, 1980). Dabei dienen die Rotations- und die Rollmethode zur Plaquebeseitigung im gesunden Gebiß bei intakter Gingiva (RIETHE, P. 1974). Wegen ihrer leichten Erlernbarkeit wird die Rotationsmethode vor allem für Kinder empfohlen (RIETHE, P. 1974, 1980). Die Technik nach CHARTERS (CHARTERS, W.J. 1928), eine sogenannte Vibrationsmethode, bezweckt eine intensive

Zahnfleischmassage und erfolgt nach der Zahnreinigung. Sie findet vornehmlich Verwendung bei den verschiedenen Formen parodontaler Erkrankungen.

2.4 Zahnpasten

Der "American Association Council on Dental Therapeutics" bezeichnet als Zahnpaste eine Zubereitung, die in Verbindung mit einer Zahnbürste zur Reinigung der Zähne dient (RIETHE, P. 1974). Diese Zahnreinigungsmittel enthalten in ihren Rezepturen Putzkörper, oberflächenaktive Stoffe, Feuchthaltemittel, Bindemittel, Konservierungsmittel, Wirkstoffe und Aromen, wobei durch geeignete Mischungsverhältnisse der vorhandenen Grundstoffe mit Wasser die Zubereitungen in eine creme- oder pastenförmige Substanz gebracht werden (RIETHE, P. et al. 1980).

Für die Erfüllung der wichtigsten Aufgabe einer Zahnpaste, nämlich die mechanische und chemische Unterstützung der Zahnbürste bei der Reinigung der Zähne sind die enthaltenen Putzkörper und Tenside verantwortlich. Der Effekt des Zusammenwirkens beider Stoffklassen wird durch mehrere Arbeiten belegt (MÜHLEMANN, H.R. 1974, 1978, RIETHE, P. 1974, 1976, 1977). Mit jeweils einer der beiden Ingredienzien wird eine Reduktion des Zeitaufwandes für die Belagentfernung um etwa ein Drittel erzielt (Zahnärztlicher Arzneimittelausschuß). Nach PFRENGLE, O. (1961) können besonders Kombinationen von Putzkörpern und Tensiden eine Putzkraftsteigerung bewirken.

2.4.1 Putzkörper

Der reinigende Effekt der Putzkörper beruht auf der Entfernung unverkalkter Ablagerungen (Reinigungskraft) und einer gewissen Glanzgebung der Zahnoberflächen (Polierkraft) bei minimaler Scheuerwirkung (Abrasionskraft) (RIETHE, P. et al. 1980). Nach RIETHE, P. et al. (1980) benutzt man als Putz-

körper leichte und voluminöse, kristalline oder amorphe Stoffe, die zugleich die Fähigkeit besitzen, sich leicht suspendieren zu lassen. Am gebräuchlichsten sind Calciumcarbonate, Calciumphosphate, Silicium-, Aluminium- und Magnesiumverbindungen. Als optimal für Fluorzahnpasten haben sich die unlöslichen Natrium-Metaphosphate erwiesen. Es handelt sich dabei um Putz- und Polierkörper von geringer Abrasivität, die weder das freie Fluorion, noch Natriummonofluorphosphat (MFP) inaktivieren. Die Abrasionskraft einer Zahnpaste hängt nicht nur von den schleifenden Eigenschaften des verwendeten Putzmittels ab, sondern auch von der Zahnbürsten-Borsten-Zahl, der Putztechnik und den üblichen Ingredienzien (RIETHE, P. et al. 1980). Es besteht jedoch kein Grund zur Annahme, daß irgendeine Zahnpaste einen Abrasionsgrad hervorrufen könnte, der für den Zahnschmelz schädlich wäre (RIETHE, P. 1974).

2.4.2 Tenside

Die wichtigsten chemisch-reinigenden Substanzen in den Zahnpasten stellen die grenzflächenaktiven Stoffe oder Tenside dar (MÖLLER, H. 1975). Es sind dafür im deutschsprachigen Schrifttum auch Begriffe wie Detergentien oder Saponide, im angelsächsischen "surface active agents" (abgekürzt: surfactants), gebräuchlich. Unter diesen Substanzen versteht man laut Definition der "Association Internationale de la Savonnerie" (AIS) solche Verbindungen, die sich in einem Lösungsmittel derart verteilen, daß ihre Konzentration an der Grenzfläche größer ist als im Innern des Lösungsmittels, wodurch eine Herabsetzung der Oberflächenspannung des Lösungsmittels erreicht wird.

Von ihrem chemischen Aufbau her besitzen die grenzflächenaktiven Stoffe eine für sie charakteristische Struktur aus einem mehr oder weniger langkettigen hydrophoben Molekülteil und einer hydrophilen Gruppe. Der wasserunlösliche Rest besteht meist aus einer geraden oder verzweigten aliphatischen oder aromatischen Kohlenwasserstoffkette. Den

hydrophilen Molekülteil bilden meist salzbildende saure oder basische Gruppen, oder aber nicht zur Salzbildung befähigte Gruppen, deren hydrophile Eigenschaften auf Restvalenzkräfte zurückzuführen sind.

Die zeichnerische Darstellung von grenzflächenaktiven Stoffen erfolgt nach K. LAUX (1960) mittels einfacher Symbole. Dabei wird die Kohlenwasserstoffkette als hydrophober Rest mit einem einfachen Strich dargestellt und die Position der hydrophilen Gruppe durch einen kleinen Kreis gekennzeichnet.

Je nach Art der hydrophilen Gruppen und das von diesen abhängige Verhalten der Verbindungen in wäßrigen Lösungen werden die grenzflächenaktiven Stoffe heute folgendermaßen eingeteilt:

1. anionaktive Verbindungen
2. kationaktive Verbindungen
3. nichtionogene Verbindungen
4. amphotere Verbindungen

"Verbindungen mit salzbildenden hydrophilen Gruppen, auch ionogene Verbindungen genannt, bilden beim Lösen in Wasser Ionen. Ist die hydrophile Gruppe saurer Natur, so liegt der hydrophobe Rest mit der hydrophilen Gruppe als Anion vor, dem ein kleines Kation, z. B. das Natrium-Ion gegenübersteht. Eine solche Verbindung wird als anionaktiv bezeichnet. Bei Verbindungen mit basischen hydrophilen Gruppen bildet der grenzflächenaktive Molekülteil in wäßriger Lösung das Kation, die Verbindung ist kationaktiv. Stoffe, deren hydrophile Gruppen keine Salze bilden und die deshalb auch nicht dissoziieren können, bezeichnet man als nichtionogen. Sind bei Verbindungen mit mehreren hydrophilen Gruppen diese teils basischer, teils saurer Natur, so können diese Stoffe je nach den Bedingungen der Lösung entweder kationaktiven oder anionaktiven Charakter annehmen. Sie werden

deshalb als amphoter bezeichnet." (LAUX, K. 1960).

Folgende verschiedene Eigenschaften weisen die Tenside auf: Netzvermögen, Dispergiervermögen, Emulgiervermögen, Schaumvermögen, Waschvermögen, Egalisiervermögen, Durchfärbevermögen, Ariviervermögen und Schmutztragevermögen.

Beim Waschvorgang - und Mundhygiene mit Zahnpaste und Zahnbürste stellt eigentlich nichts anderes dar - kommen alle mit der Herabsetzung der Grenzflächenspannung verbundenen Eigenschaften zusammen: "Zähne und Zahnfleisch sollen vom Zahnpasten-Wasser-Gemisch benetzt, die mechanisch abgelösten weichen Beläge dispergiert bzw. emulgiert und durch das folgende Spülen mit Wasser aus der Mundhöhle entfernt werden, wobei auch das Schmutztrage- und Schaumvermögen der Tenside eine wesentliche Rolle spielen." (MÖLLER, H. 1975). Ihre schäumenden und emulgierenden Eigenschaften begünstigen die Hemmung der Belagsbildung und Säuberung von für die Zahnbürste unzugänglichen Prädilektionsstellen im Bereich der Interdentalräume und Zahnfleischtaschen (RIETHE, P. 1974).

Verwendung als Schaummittel in den handelsüblichen Zahnpasten finden vorwiegend Fettalkoholsulfate und Fettsäurekondensationsprodukte wie Natriumlaurylsulfat, Natriumlaurolylsarcosinat, Natriumlaurylsulfoacetat, Natriumsulforicinoleat, Natriumricinoleat, med. Seife u. a. (RIETHE, P. 1974, 1980). Dabei handelt es sich nach RIETHE, P. (1974) meist um anionenaktive, seltener um kationenaktive, nichtionogene oder amphotere Verbindungen. Die davon in Zahnpasten zu verwendenden Mengen werden nach SALZMANN, O. (1958) mit Werten zwischen "1 - 3 %" (zit. n. RIETHE, P. 1966) angegeben, nach WANNENMACHER, E. (1974) liegt die Konzentrationsgrenze "unter 2 %, am besten bei 1,2 bis 1,5 %".

Über die Unbedenklichkeit von grenzflächenaktiven Substanzen als Zusätze in Zahnpflegemitteln bestehen unter den Autoren gegensätzliche Ansichten. Ihre kariesprophylaktische

Bedeutung ist jedoch schon lange bekannt und durch LAMMERS, T. (1961), MÜHLEMANN, H.R. und KÖNIG, K.G. (1965) sowie RIETHE, P. (1966, 1967, 1969, 1970) bestätigt worden. Die Netzer einer Zahnpaste bewirken nicht nur eine stärkere Reinigungswirkung (der Prädilektionsstellen), sondern auch eine Wachstumshemmung auf die Gärungskeime im Zahnbelag (die Belagsbildung wird gehemmt) (LAMMERS, T. 1961). Außerdem bieten sie eine gewisse Sicherheit, daß in einer relativ kurzen Zeitspanne von durchschnittlich 20 - 40 Sekunden Reinigungszeit, die nachweislich von einem Großteil der Bevölkerung für Mundpflege aufgewendet wird, eine möglichst effektvolle Reinigung der Zähne möglich ist.

Einen deutlichen Nachteil sehen viele Autoren aufgrund der "biologischen" Wirksamkeit der grenzflächenaktiven Stoffe auf die Gingiva, und sie stehen diesen Substanzen deshalb ablehnend gegenüber (BOSSARD, F.J. 1958, REBEL, H.H. 1954, PLATHNER, C.H. 1958, MÜNCH, J. 1955, HARTLMAIER, K.M. 1958, 1964). U. a. haben MATTIG, G. und JÄGER, R. (1943) auf "eine Veränderung der normalen Desquamation" und auf "schwere Epithelschäden" mit "Tiefenrissen durch mehrere Lagen" hingewiesen. Neuere Ergebnisse differenzieren zwischen niederen und hohen Netzmittelanteilen in Zahnpasten. So wird von WANNENMACHER, E. 1974 bestätigt, daß geeignete Tenside bei entsprechender vorsichtiger Dosierung ("unter 2 %, am besten bei 1,2 bis 1,5 %") in Zahnpasten eine deutliche Unterstützung der Reinigung des Kauorgans darstellen, ohne nachteilige Wirkung auf die Schleimhaut. Bei höheren Konzentrationen bestimmter Tenside von 2 - 5 % beschreibt er einen starken Anstieg der Desquamationsrate des Epithels, der häufig verbunden sei mit leicht schmerzenden, hellroten Schleimhautläsionen, die nach 2 bis 3 Tagen wieder abheilen würden. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den von RIETHE, P. 1965 durchgeführten Untersuchungen, "wonach grenzflächenaktive Substanzen nicht grundsätzlich und ausschließlich zu verdammen sind". Es gilt vielmehr zu beachten, daß "die biologische Unbedenklichkeit und klinische

Brauchbarkeit grenzflächenaktiver Stoffe von der Substanz selbst, der Konzentration und der Dauer ihrer Einwirkung abhängt" (RIETHE, P. 1966).

3. Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methode

3.1.1 Untersuchungsziel

Bei der klinischen Untersuchung, die als Longitudinalstudie über den Zeitraum von zweimal vier Wochen mit einer Pause von 14 Tagen geführt wurde, sollten an denselben Probanden die Wirkungen zweier unterschiedlicher Zahnpasten auf Gingiva und Plaque verglichen werden.

3.1.2 Zahnpasten

Die verwendeten Zahnpasten waren in neutralen Tuben verpackt, lediglich markiert mit den Buchstaben "A" oder "D". Beide Pasten hatten eine weiße Farbe und waren im übrigen auch in Geschmack und Konsistenz unauffällig. Bis nach der mathematisch-statistischen Auswertung waren weder den Untersuchenden, noch den Probanden die qualitativen und quantitativen Zusammensetzungen der Zahnpasten bekannt. Es handelte sich somit um einen Doppelblindversuch.

Nach vorliegenden Angaben waren beide alkalische Zahnpasten mit dem Putzkörper Kalziumkarbonat. Deutliche Unterschiede bestanden im Tensidgehalt:

Paste "A": mit 7,8 % Natrium-Laurylsulfat
Paste "D": mit 0,7 % medizinische Seife

3.1.3 Probanden

Beide Zahnpasten wurden an 10 Probanden klinisch getestet. Es handelte sich um Studenten des 1. vorklinischen Semesters des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Tübingen, die sich freiwillig zu dieser Untersuchung zur Verfügung stellten. Zum Test wurden nur männliche

Personen herangezogen. Durchschnittlich waren die Probanden 23 Jahre alt (19. bis 29. Lebensjahr). Bei jeweils bis auf die Weisheitszähne vollständigem Gebiß lagen keine bakteriell verursachten Gingivitiden oder progressive Paradontitiden vor. Allgemeinerkrankungen waren vor Beginn des Versuchs ausgeschlossen worden. Die Probanden wurden darauf hingewiesen, daß innerhalb des Untersuchungszeitraumes keine Antibiotikatherapie erfolgen sollte. Für die Dauer des Versuchs mußten die Zähne unter Beibehaltung der bisherigen Zahnreinigungsgewohnheiten und unter Verwendung der jeweils angeordneten Zahnpaste zweimal täglich gereinigt werden. Die Probanden wurden weiterhin gebeten, auf andere Mundpflegemittel zu verzichten und erhielten, ebenfalls aus Gründen der Standardisierung, bei Beginn des Versuchs und nach 6 Wochen multitufted-Zahnbürsten (paro 4 blend-a-myl) - vgl. Abb. 21, S. 62 - ausgehändigt. Eine Aufklärung über das Ziel der Untersuchung erfolgte nicht. Vor und während der klinischen Untersuchung wurde keine sub- bzw. supragingivale Zahnsteinentfernung durchgeführt.

Von den 10 untersuchten Probanden konnten neun mathematisch-statistisch ausgewertet werden.

3.1.4 Methode

Um die Wirkungen beider Pasten zu vergleichen, wurden in insgesamt vier Sitzungen die Gewebereaktion der Gingiva und der Plaquebefall der Zähne erfaßt. Die Untersuchungen wurden wie folgt durchgeführt:

1. Anamnese, Zahnstatus (nur in der 1. Sitzung)
2. Farb- und Schwarz-Weiß-Aufnahmen
3. Schleimhautabstrich für den Keratinisationsindex
4. Bestimmung des Gingivaindex nach SILNESS-LÖE
5. Bestimmung des Plaqueindex nach SILNESS-LÖE
6. Bestimmung des Sulcus-Blutungs-Index nach MÜHLEMANN und SON (SBI-Index)

7. Ausgabe von Zahnpasten (Paste "A" in der 1. Sitzung, Paste "D" in der 3. Sitzung) und von Zahnbürsten (in der 1. und 3. Sitzung)

In der 1. Sitzung wurde den Probanden nach Registrierung der Basiswerte Paste "A" ausgehändigt. Nach vier Wochen Putzdauer wurden die Abschlußwerte für Paste "A" ermittelt. In der nun folgenden zweiwöchigen Pause zwischen Abschlußuntersuchung von Paste "A" und Basisuntersuchung für Paste "D" nahmen die Probanden wieder ihre früheren häuslichen Mundhygienemaßnahmen auf. Durch diese Versuchsanordnung schien gewährleistet, daß für beide Versuchsabschnitte vergleichbare Ausgangswerte zu erhalten waren.

Nach der Pause erfolgte der Versuch mit Paste "D" über einen Zeitraum von 4 Wochen. Wie bei Paste "A" wurden eine Initial- und eine Enduntersuchung durchgeführt.

Zur Fotodokumentation des Versuchsablaufes vgl. S. 58 u. 59.

Um den klinisch feststellbaren Entzündungsgrad der Gingiva auch histologisch bzw. zytologisch abzusichern, wurde der Keratinisationsindex angewendet. Dabei wird von einer der Entzündung entsprechend veränderten Keratinisation des Gingivaepithels ausgegangen, die eine zytologische Beurteilung des Entzündungsgrades ermöglicht.

Als Keratinisation bezeichnet man eine besondere Form der Zelldifferenzierung, bei der stoffwechselaktive Epithelzellen zytomorphologische und physiologische Veränderungen erfahren und in Hornmaterial umgewandelt werden (MATOLSKY, A.G. 1962). Die Transformation lebender Zellen in Horn umfaßt normalerweise aber nicht nur die Bildung von Skleroproteinen, sondern auch die Umformung des Zytoplasmas und des Kernes (SCHWARZ, E. 1964). Sie verläuft unter Wasserabgabe, Schrumpfungserscheinungen und Zytoplasmaverdichtungen (MATOLSKY, A.G. 1962). Im Stratum basale der Schleimhaut werden Zellen durch inäquale Teilungen gebildet (LEBLOND,

C.P. et al. 1964). Von den bei diesen Teilungen jeweils entstehenden Tochterzellen verbleibt im Durchschnitt jeweils eine als undifferenzierte Mutterzelle in der Indifferenzzone, während die andere unter Ausbildung charakteristischer zytoplasmatischer Strukturen zur Oberfläche abwandert (LEBLOND, C.P. et al. 1964) und als kernlose Zelle zur Desquamation gelangt (Desquamatio insensibilis).

Starke Impulse hat die orale Zytodiagnostik vor allem durch die gynäkologische Zytologie (PAPANICOLAOU, G.N. 1933) erfahren. Im Ablauf entzündlicher Erkrankungen der oralen Schleimhaut und der Gingiva kommt es zu Veränderungen des epithelialen Zellbildes. Derartige Zellbildverschiebungen sind bei gynäkologisch-zytologischen Untersuchungen beobachtet und als Zeichen lebhafter Epithelproliferation aufgrund entzündlicher Reize beschrieben worden (SMOLKA, H. und SOOST, H.J. 1965). Es finden sich typische Zellbildveränderungen neben einer Abnahme der Verhornung und einer vermehrten Leukozytenzahl. In der Mundhöhle mischen sich abgeschilferte Zellen außerdem mit Monozyten, Makrophagen, Bakterien und Detritus. Parallel mit der Zunahme entzündlich bedingter Zellbildveränderungen kommt es zu einer Abnahme verhornter, kernloser Epithelzellen im Gingivozytogramm (MÜHLEMANN, H.R. 1952), so daß der Keratinisationsindex zur Beurteilung und zur Diagnose von Parodontopathien dienen kann (KURTE, D. 1962, LANGE, D.E. 1965).

Die praktische Grundlage für den Keratinisationsindex bildet die exfoliative Zytologie. Die Zellabstriche wurden nach sorgfältiger Trocknung der Schleimhaut mit dem Luftbläser (20 Sek.) mittels eines Kunststoffspatels durch schabende Bewegungen von der attached Gingiva aus dem Stratum corneum entnommen und in drei Bahnen auf die vorbereiteten Objektträger aufgetragen. Die Zellentnahme erfolgte schonend, ohne daß auch nur geringfügige Blutungen auftraten. Um eine Lufttrocknung der Präparate und dadurch bedingte Pseudoeosinophilie und Formveränderungen der Kerne zu vermeiden (BOSCHMANN, H.W. 1960), wurde das auf Objektträger ausgestrichene

Zellmaterial unmittelbar danach mit Merckofix-Spray (Äther-Alkohol-Gemisch) fixiert. Der Entnahmebereich für die Zellabstriche lag ausnahmslos im Frontzahnbereich des linken Oberkiefers und war, um die von STEGEMANN, E.-A. et al. (1974) beschriebenen ortsabhängigen Schwankungen zu vermeiden, bei jeder Untersuchung identisch.

Die Auszählung der einzelnen Präparate wurde lichtmikroskopisch unter einer 128fachen Vergrößerung durchgeführt und erfolgte durch mäanderförmiges Überfahren der Präparate mit einem rechteckigen Raster. Es wurden jeweils 200 Zellen ausgezählt und dabei zwischen verhornten und nicht verhornten Zellen so differenziert, daß nur die Zahl der kernlosen Epithelzellen notiert wurde. Zur Vermeidung von Fehlern bei der Auszählung wurde diese unabhängig voneinander von zwei verschiedenen Personen vorgenommen. Bei stärkeren Abweichungen erfolgte eine dritte Zählung.

Der Keratinisationsindex, d.h. das prozentuale Verhältnis kernloser Zellen zur Gesamtzahl, wurde nach folgender Formel bestimmt:

$$I_K = \frac{\text{kernlose Zellen x 100}}{\text{Gesamtzahl der Zellen}}$$

Die Höhe des Keratinisationsindex in den Abstrichen des oralen Gingivaepithels wird in der Literatur unterschiedlich hoch angegeben und schwankt zwischen Werten von 5 % und 80 % (LANGE, D.E. 1972).

Die klinisch feststellbare Reaktion der Gingiva wurde mittels des Gingivaindexes nach SILNESS-LÖE registriert (LÖE, H. und SILNESS, J. 1963). Dazu wurden dem marginalen Parodontium eines jeden Zahnes facial je drei Meßpunkte (distal, buccal, mesial) und oral je ein Meßpunkt (palatinal bzw. lingual) zugeordnet und abgelesen, ob die Gingiva entzündet war und welchem Schweregrad die Entzündung entsprach. Im Oberkiefer rechts am marginalen Parodontium des Zahnes 17

beginnend, wurde zunächst quadrantenweise (vom 1. bis 4. Quadranten) facial die Gingiva beurteilt, danach ebenfalls wieder im Oberkiefer rechts beginnend oral.

Bewertet wurde nach folgender Einteilung:

Gingivaindex 0 entzündungsfreie Gingiva;
Farbe: blaßrosa bis rosa; nach dem Trocknen erscheint die Oberfläche matt; Stippelungsgrad variiert; Palpation mit stumpfem Instrument läßt Gingiva fest erscheinen

Gingivaindex 1 leichte Entzündungssymptome;
marginale Gingiva rötlich bis blaurot verfärbt und leicht ödematös geschwollen; aus der Zahnfleischfurche kann auf digitalen Druck farbloses Exsudat entleert werden

Gingivaindex 2 mittlere Entzündungssymptome;
Farbe: rot bis blaurot; ödematöse Schwellung; bei Palpation Blutung

Gingivaindex 3 starke Entzündung;
auffallende Rot- bis Blaufärbung und starke ödematöse Schwellung; Tendenz zur Spontanblutung; z. T. Gingiva ulzeriert

Mit dem Plaqueindex nach SILNESS-LÖE wurde anschließend die hauptsächlich unmittelbar neben dem Zahnfleisch lokalisierte Plaque bewertet und in ihrer Dicke beurteilt. Die Bewertung erfolgte ohne Anfärbung der Plaque an allen 4 Zahnflächen in der gleichen Reihenfolge wie beim Gingivaindex. Sie wurde mit dem unbewaffneten Auge und unter Zuhilfenahme von Spiegel und Sonde vorgenommen, nachdem der jeweilige Zahnhalsbereich vorher zur besseren Sichtbarmachung mit dem Luftbläser getrocknet worden war. Bewertet wurde wie beim Gingivaindex von 0 - 3 nach folgenden Schweregraden (SILNESS, J. und LÖE, H. 1964):

Plaqueindex 0 betreffender Sektor völlig plaquefrei; mit der spitzen Sonde kann auf der getrockneten Zahnoberfläche kein Belag aufgespürt werden

Plaqueindex 1 mit dem bloßen Auge keine Plaque erkennbar, Sonderprobe jedoch positiv

Plaqueindex 2 mit dem bloßen Auge ist ein dünner bis mäßig dicker Belag marginal zu erkennen, der Interdentalraum ist nicht ganz ausgefüllt

Plaqueindex 3 deutlich ausgeprägte Beläge, die den Interdentalraum ausfüllen

In Graphik 1 sind die vier Bewertungsgrade des Plaqueindex nach SILNESS-LÖE zeichnerisch dargestellt.

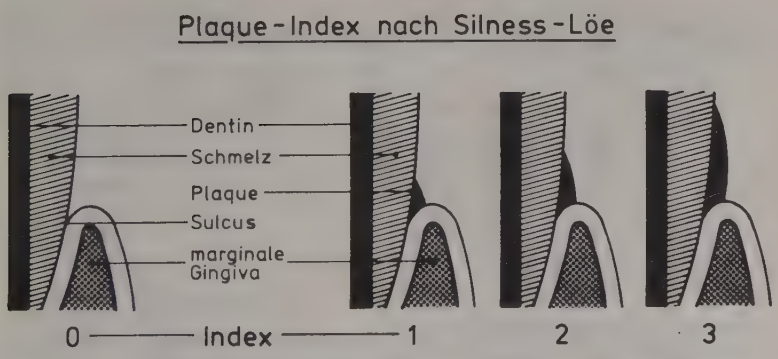
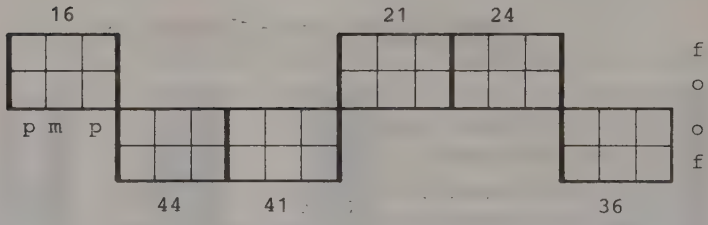


Abb. 1: Plaqueindex nach SILNESS und LÖE, bewertet wird die Dicke der Plaque am Zahnfleischrand.

Die Erhebung des Sulcus-Blutungs-Indexes nach MÜHLEMANN und SON (MÜHLEMANN, H.R. and SON, S. 1971) diente zur erneuten und verfeinerten Registrierung vorhandener und beginnender gingivaler Entzündungen. Denn Blutungspunkte im Anschluß an schonungsvolle Sondierung aus dem Sulcus fließend, treten viel früher auf, als eine sichtbare entzündliche Rötung, Verfärbung oder Schwellung des Zahnfleischsaumes, resp. der Papille (MÜHLEMANN, H.R. 1974). Schon bei oberflächlichen Entzündungen kommt es zu einer Fragilität der Blutgefäße des Subcreviculärplexus, so daß kleinste mechanische Reize Mikroblutungen in den Sulcus bewirken.

Die Sulcus-Sondierung erfolgte an den von RAMFJORD, S.P. (1959) angegebenen Zähnen für Reihenuntersuchungen (Abb.2); diese Zähne sind repräsentativ für das gesamte Gebiß. An je sechs Stellen dieser Zähne (siehe Abb. 3) wurden die Sulci

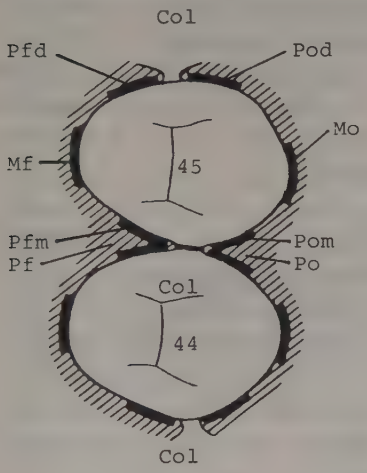


f facial p papillär
o oral m marginal

6 Sondierungsstellen pro Zahn ergaben pro Proband 36 gingivale Einheiten zur Beurteilung

Abb. 2: Von RAMFJORD, S.P. (1959) angegebene Zähne für Reihenuntersuchungen

An jedem Zahn, der von RAMFJORD, S.P. (1959) angegebenen Zähne für Reihenuntersuchungen, wurden 6 Messungen vorgenommen, je 3 auf der facialen und 3 auf der oralen Seite:



Faciale Sondierungsstellen:

- Papille facial distal (Pfd)
- Marginale Gingiva facial (Mf)
- Papille facial mesial (Pfm)

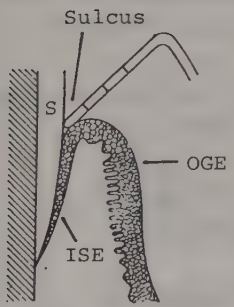
Orale Sondierungsstellen:

- Papille oral distal (Pod)
- Marginale Gingiva oral (Mo)
- Papille oral mesial (Pom)

Pf - Papille facial

Po - Papille oral

Abb. 3: Sondierungsstellen für den Sulcus-Blutungs-Index nach MÜHLEMANN und SON (nach MÜHLEMANN, H.R. 1974)



S - Schmelz

OGE - Orales Gingivaepithel

ISE - Inneres Saumepithel

Abb. 4: Technik der schonungsvollen Sulcussondierung beim Erheben des Sulcus-Blutungs-Index (nach MÜHLEMANN, H.R. 1974)

gingivae trichterartig schonend, wie in Abb. 4 schematisch dargestellt, bei einer Kraftaufwendung von ca. 20 - 30 p (GABATHULER, H., HASSELL, T. 1971) ausgetastet. Sobald mit der Sonde ein leichter Widerstand zu spüren war, wurde sie im Bereich der in der Abb. 3 angegebenen Stellen zweimal hin und her bewegt. Danach wurde abgelesen, ob sich innerhalb von 10 - 15 Sekunden eine Blutung zeigte und das Ergebnis im Zusammenhang mit morphologischen Gingivaveränderungen registriert und zur Einteilung in die Grade 0 bis 5 benutzt. Die Kriterien dieser 6 Grade lauten:

Grad 0 gesund aussehende P- und M-Einheiten; auf schonungsvolle Sondierung des Sulcus nicht blutend

Grad 1 scheinbar gesunde P- und M-Einheiten, ohne Verfärbung und Schwellung;
jedoch nach schonungsvoller Sondierung des Sulcus bzw. des Taschenfundus treten nach 1 - 15 Sekunden kleine Blutungspunkte auf

Grad 2 Blutung nach der Sondierung und entzündungsbedingte Farbveränderung der Einheit, keine Schwellung oder makroskopisches Ödem

Grad 3 Blutung nach der Sondierung und Farbveränderung und leichte ödematöse Schwellung von P und M

Grad 4 a) Blutung bei Sondierung und Farbveränderung und offensichtliche Schwellung, oder

b) Blutung bei Sondierung und offensichtliche Schwellung (keine Farbveränderung)

Grad 5 Blutung bei Sondierung und Spontanblutung und Farbveränderung, starke Schwellung ohne oder mit Ulzeration

Sollte bei der Ermittlung des Sulcus-Blutungs-Indexes einer der RAMFJORD-Zähne überkront gewesen sein, so wurde, um der besonderen parodontalhygienischen Situation dieser prothetisch versorgten Zähne Rechnung zu tragen, dessen mesialer oder distaler Nachbar aus der gleichen Zahngruppe zur Beurteilung herangezogen. Bei den Gingiva- und Plaqueindices wurden für diese Zähne keine Werte ins Befundschema eingetragen.

Nach der Herstellung des Abstrichs für den Keratinisationsindex erfolgte die Notierung der Einzelwerte zur Ermittlung der Gingiva-, Plaque- und Sulcus-Blutungs-Indices in der beschriebenen Reihenfolge für jeden Patienten pro Untersuchung in einem Befundschema (Tab. 1, Seite 26 - 29, zeigt das Befundschema mit den Befunden eines Patienten über die gesamte Versuchsdauer).

Nach Abschluß des 10wöchigen Versuchs wurden für jeden Probanden die Indices ermittelt; der Keratinisationsindex durch mikroskopische Auszählung der in jedem gefärbten Abstrichpräparat unter 200 Zellen vorhandenen kernlosen Zellen. Für die drei anderen Indices wurden bei jedem Probanden für jede Untersuchungsreihe einzeln die Summe der Bewertungsziffern (S) der Plaque-, Gingiva- und Sulcus-Blutungs-Indices gebildet und durch das Produkt aus Sektorenzahl (für Gingiva- und Plaqueindex: 4, für Sulcus-Blutungs-Index: 6) und der Summe der untersuchten Zähne (für Gingiva- und Plaqueindex: X, für Sulcus-Blutungs-Index: 6) dividiert.

$$I_{G,P} = \frac{S}{4 \cdot X}$$

$$I_{SB} = \frac{S}{6 \cdot 6}$$

I_G = Gingivaindex (Mittelwert der Gingivaindices)

I_P = Plaqueindex (Mittelwert der Plaqueindices)

I_{SB} = Sulcus-Blutungs-Index (Mittelwert der Sulcus-Blutungs-Indices)

Tabelle 1: Beispiel eines Befundes

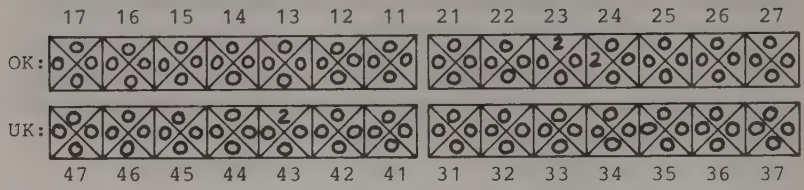
BASISUNTERSUCHUNG Datum: 3.5.79

Proband: L. E. Nr. 12 Paste A

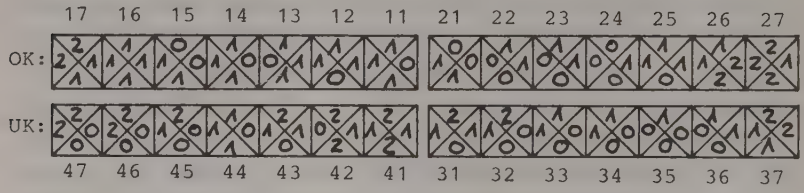
Alter: 22 J. Antibiotikatherapie: nein

KERATINISATIONSINDEX: 32

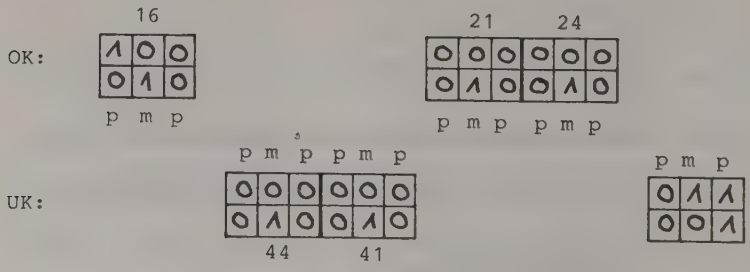
GINGIVAINDEX NACH SILNESS-LÖE: 0,054



PLAQUEINDEX NACH SILNESS-LÖE: 0,857



SULCUS-BLUTUNGS-INDEX NACH MÜHLEMANN UND SON: 0,250

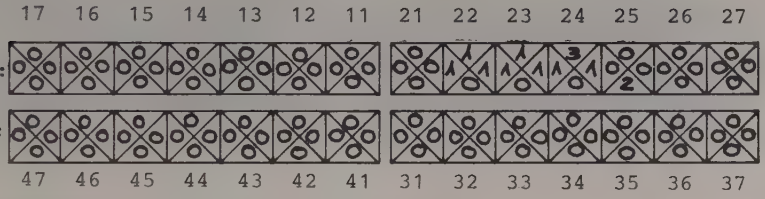


ABSCHLUSSUNTERSUCHUNG Datum: 31.5.79

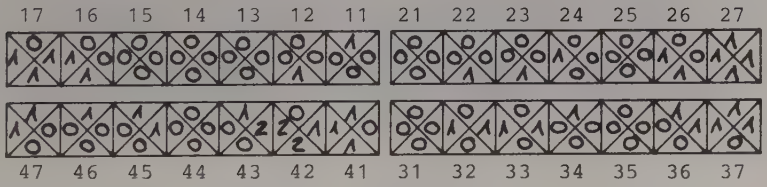
Proband: L. E. Nr. 12 Paste A
Alter: 22 J. Antibiotikatherapie: nein

KERATINISATIONSINDEX: 50

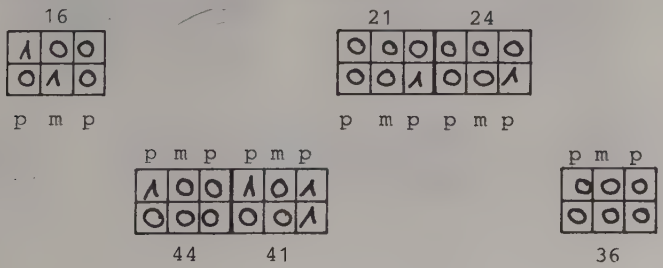
GINGIVAINDEX NACH SILNESS-LÖE: 0,116



PLAQUEINDEX NACH SILNESS-LÖE: 0,384



SULCUS-BLUTUNGS-INDEX NACH MÜHLEMANN UND SON: 0,222

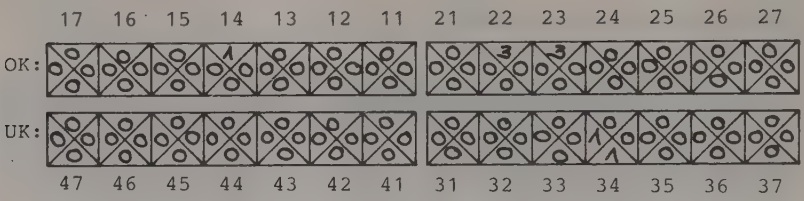


BASISUNTERSUCHUNG Datum: 12.6.79

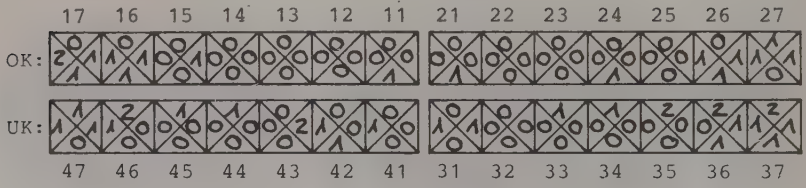
Proband: L. E. Nr. 12 Paste D
Alter: 22 J. Antibiotikatherapie: nein

KERATINISATIONSINDEX: 42,5

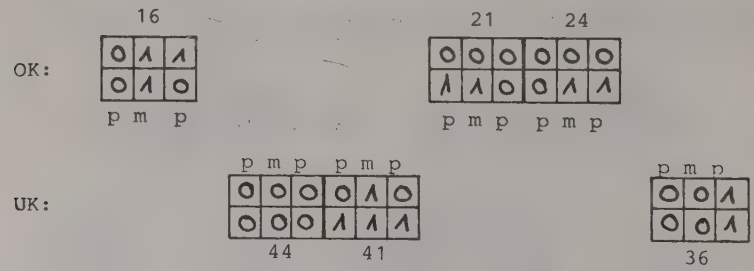
GINGIVAINDEX NACH SILNESS-LÖE: 0,080



PLAQUEINDEX NACH SILNESS-LÖE: 0,402



SULCUS-BLUTUNGS-INDEX NACH MÜHLEMANN UND SON: 0,361

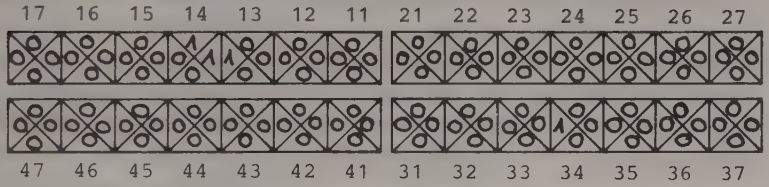


ABSCHLUSSUNTERSUCHUNG Datum: 13.7.79

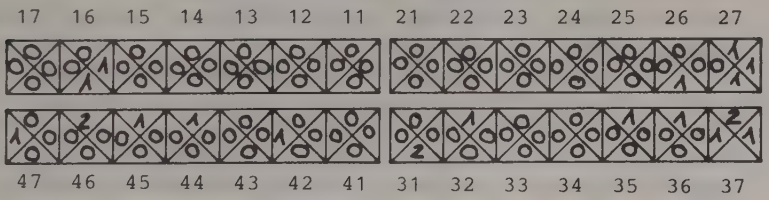
Proband: L. E. Nr. 12 Paste D
Alter: 22 J. Antibiotikatherapie: nein

KERATINISATIONSINDEX: 37,5

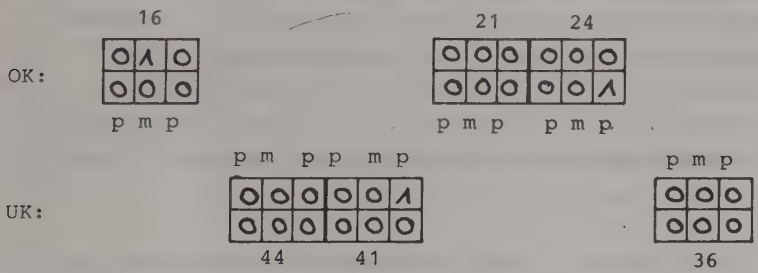
GINGIVAINDEX NACH SILNESS-LÖE: 0,036



PLAQUEINDEX NACH SILNESS-LÖE: 0,170



SULCUS-BLUTUNGS-INDEX NACH MÜHLEMANN UND SON: 0,083



4. Ergebnisse und ihre statistische Auswertung

Zwei Zahnpasten mit stark unterschiedlichem Tensidgehalt wurden von neun Probanden, bei denen keine Formen parodontaler Erkrankungen vorlagen, über den Zeitraum von zweimal vier Wochen in einer Longitudinalstudie getestet. Dabei sollte die "gingivotherapeutische" und die plaquereduzierende Wirkung der Pasten verglichen werden. Nach dem Versuchsintervall mit Paste "A" wurde eine zweiwöchige Pause bis zum folgenden Versuch eingeschoben. In dieser Zeit wurden die Probanden angehalten, ihre Zähne wie gewohnt zu putzen. Dadurch sollten für die folgende Putzperiode mit Paste "D" möglichst gleiche Basiswerte wie bei Paste "A" erreicht werden.

In vier Sitzungen wurden feststellbare Veränderungen an Gingiva und Plaque anhand folgender Indices registriert: Keratinisationsindex, Gingivaindex nach SILNESS-LÖE, Plaqueindex nach SILNESS-LÖE, Sulcus-Blutungs-Index nach MÜHLEMANN und SON.

Die Erhebungsdaten aller Untersuchungen wurden für jeden Index in den Tabellen 5 - 12 (siehe Tabellenanhang) zusammengefaßt, wobei Mittelwerte und Standardabweichungen errechnet wurden. Als weitere Maßzahlen (für die Berechnung der Wirkungsunterschiede der Pasten) wurden die Differenzen (Veränderungen) zwischen den Untersuchungen festgestellt.

Folgende Fragestellungen sollten beantwortet werden:

1. Gibt es signifikante Unterschiede der untersuchten Indices (zu den einzelnen Zeitpunkten) innerhalb einer Versuchsgruppe?

   Hier wurde der t-Test für abhängige Stichproben verwandt. Die Homogenitätsprüfung der Varianzen als Voraus-

setzung für den t-Test erfolgte mittels F-Test nach FISHER.

2. Unterscheiden sich die Pasten in ihrer Wirkung auf die einzelnen Indices?

   Mit Hilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben - angewandt auf die Veränderungen der Indices zwischen den einzelnen Zeitpunkten - wurde diese Frage zu beantworten versucht. Bei nicht homogenen Varianzen wurde mittels ASPIN-WELCH-Test gearbeitet.

Es wurden sowohl die Werte der beiden Untersuchungszeitpunkte pro Paste und Index verglichen, als auch die Wirkung der beiden Pasten bezüglich der Veränderungen der beiden Indices gegeneinander getestet.

Die Ergebnisse wurden wie folgt gekennzeichnet:

* auffällig (Wahrscheinlichkeit $p < 10$ %)
** signifikant (Wahrscheinlichkeit $p < 5$ %)
*** hoch signifikant (Wahrscheinlichkeit $p < 1$ %)

4.1 Zytologische Auswertung

Im Keratinisationsindex ergab sich bei der Paste "A" nach vier Wochen eine Reduktion um 6 %. Bei der Basisuntersuchung für Zahnpasta "D", also nach dem 14tägigen Intervall, zeigt sich nochmals eine Abnahme der Keratinisation. Nach dem anschließenden 4wöchigen Zähneputzen mit Paste "D" verbesserte sich dann die Keratinisation deutlich um 20 %, so daß am Ende der Untersuchung ein mittlerer Keratinisationsindex von 44 vorlag (Tab. 2).

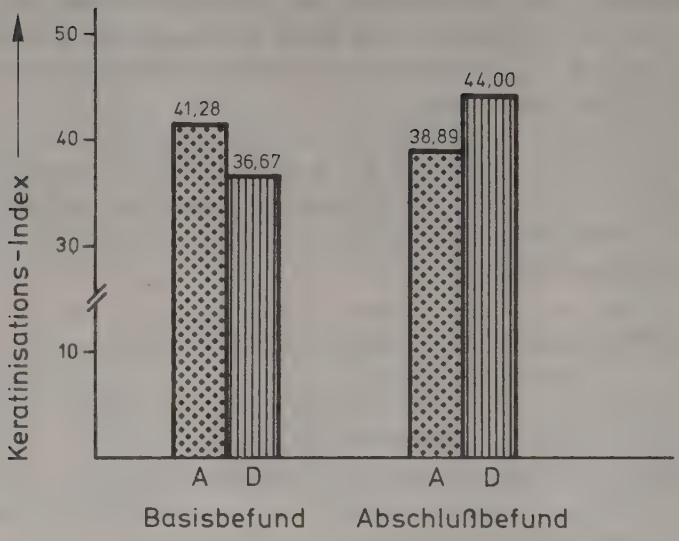


Abb. 5: Keratinisationsindex
(Mittelwerte für Paste "A" nach 0 und 4 Wochen, für Paste "D" nach 6 und 10 Wochen)

Das Säulendiagramm in Abb. 5 läßt die Ausgangssituationen und die unterschiedlichen Wirkungen der Pasten erkennen.

Abb. 6 gibt einen Eindruck vom zeitlichen Ablauf des Versuchs bezüglich des Keratinisationsindexes.

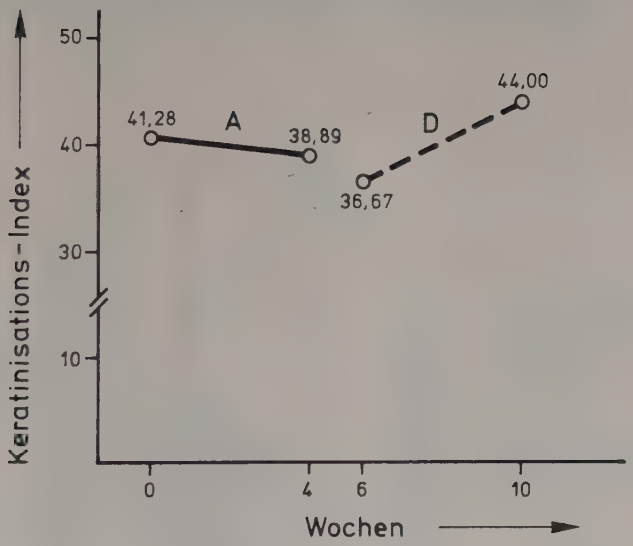


Abb. 6: Keratinisationsindex (zeitlicher Verlauf)

Ein statistisch auffälliger Unterschied ($p < 10\ \%$) konnte nur bei Zahnpasta "D" zwischen Initial- und Terminalbefund festgestellt werden (Tab. 2). Der Unterschied zwischen den Pasten "A" und "D" ist ebenfalls auffällig ($p < 10\ \%$), nämlich $p = 0{,}088$*(t-Test für unabhängige Stichproben).

Tabelle 2: KERATINISATIONSINDEX

Es sind die Mittelwerte (m), Standardabweichungen (s), Mittel der Differenzen und Ergebnisse des t-Tests für abhängige Stichproben für die Pasten "A" und "D" sowie die prozentuale Veränderung der Keratinisation vom Basis- zum Abschlußbefund (nach vier Wochen) pro Paste angegeben.

	Paste "A"		Paste "D"	
	m	s	m	s
1. Untersuchung (Basisbefund)	41,28	11,95	36,67	10,14
2. Untersuchung (Abschlußbefund)	38,89	13,57	44,00	9,21
Veränderung der Keratinisation	- 6 %		+ 20 %	
Mittel der Differenzen 1. - 2. Unters.	m 2,39	s 11,19	m - 7,33	s 11,52
t-Test (abhängig) p	0,539		0,093*	

4.2 Gingiva

Zu Beginn beider Untersuchungsdurchgänge zeigten die Probanden im Mittel jeweils gleiche Entzündungsgrade an der Gingiva. Diese Entzündungssymptome vermehrten sich während der Versuchsperiode mit Paste "A". Die Anwendung der Paste "D" führte zu einer statistisch auffälligen Verbesserung ($p < 10\ \%$) der vorhandenen Entzündung (Tab. 3). Das Säulendiagramm in Abb. 7 verdeutlicht besonders die Unterschiede von den Basis- zu den Abschlußbefunden.

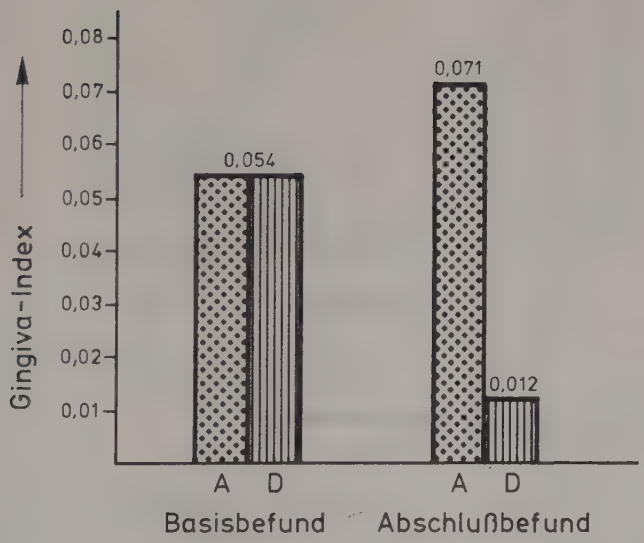


Abb. 7: Gingivaindex nach SILNESS-LÖE
(Mittelwerte für Paste "A" nach 0 und 4 Wochen,
für Paste "D" nach 6 und 10 Wochen)

Abb. 8 gibt den zeitlichen Ablauf des Versuchs bezüglich des Gingivaindexes wieder.

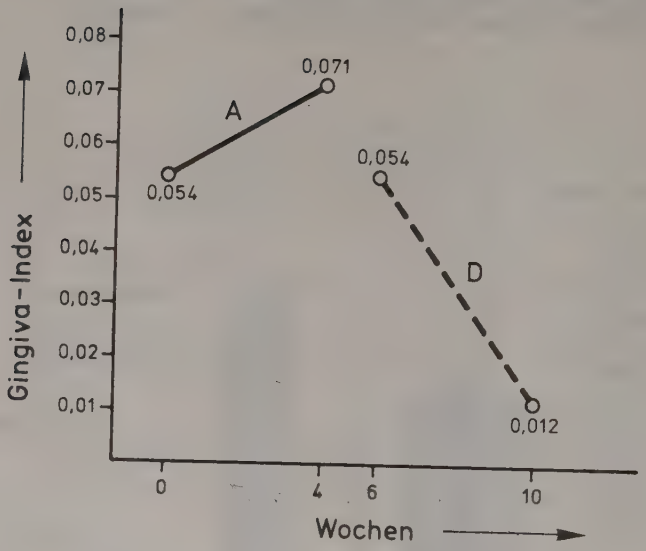


Abb. 8: Gingivaindex nach SILNESS-LÖE (zeitlicher Verlauf)

Im t-Test für unabhängige Stichproben ergaben sich zwischen den Paste "A" und "D" signifikante Unterschiede ($p < 5\ \%$) für die Veränderungen der Indices von der Basis- zur Abschlußuntersuchung. Beide Pasten unterscheiden sich im Gingivaindex bei einer Wahrscheinlichkeit von $p = 0{,}045^{**}$.

Tabelle 3: GINGIVAINDEX NACH SILNESS-LÖE

Es sind die Mittelwerte (m), Standardabweichungen (s), Mittel der Differenzen, Ergebnisse des t-Tests für abhängige Stichproben für die Pasten "A" und "D" und die prozentualen Veränderungen der Entzündung vom Basis- zum Abschlußbefund (nach jeweils vier Wochen) pro Paste dargestellt.

	Paste "A"		Paste "D"	
	m	s	m	s
1. Untersuchung (Basisbefund)	0,054	0,079	0,054	0,073
2. Untersuchung (Abschlußbefund)	0,071	0,117	0,012	0,016
Veränderung der Entzündung	+ 31 %		- 78 %	
Mittel der Differenzen 1. - 2. Unters.	m - 0,017	s 0,046	m 0,042	s 0,067
t-Test p	0,307		0,095*	

4.3 Plaque-Reduktion

Während der Versuchsperiode mit Paste "A" kam es zu einer hochsignifikanten Verringerung der Beläge (Tab. 4). Nach der zweiwöchigen Pause waren noch deutlich geringere Plaqueindex-Werte zu messen. Diese mittleren Plaqueindex-Werte sind nach der anschließenden vierwöchigen Applikation von Paste "D" nahezu auf demselben Niveau geblieben. Die Abbildungen 9 und 10 geben einen optischen Eindruck über die plaquereduzierende Wirkung der beiden untersuchten Zahnpasten.

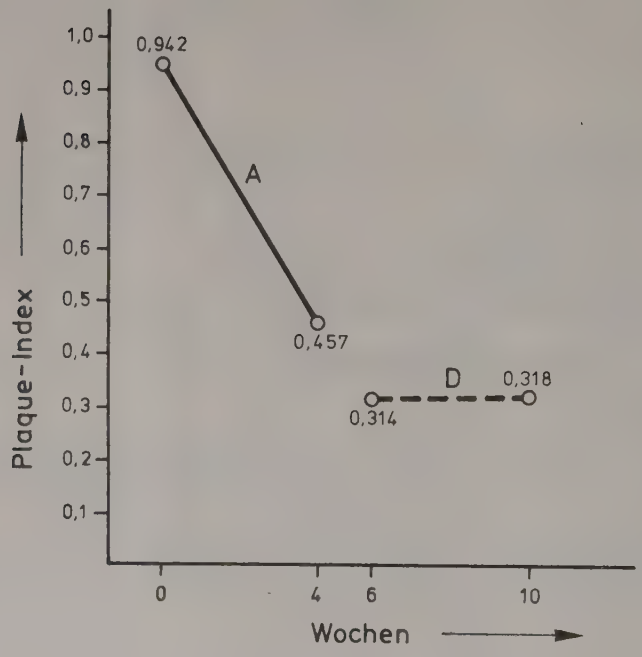


Abb. 9: Plaqueindex nach SILNESS-LÖE (zeitlicher Verlauf)

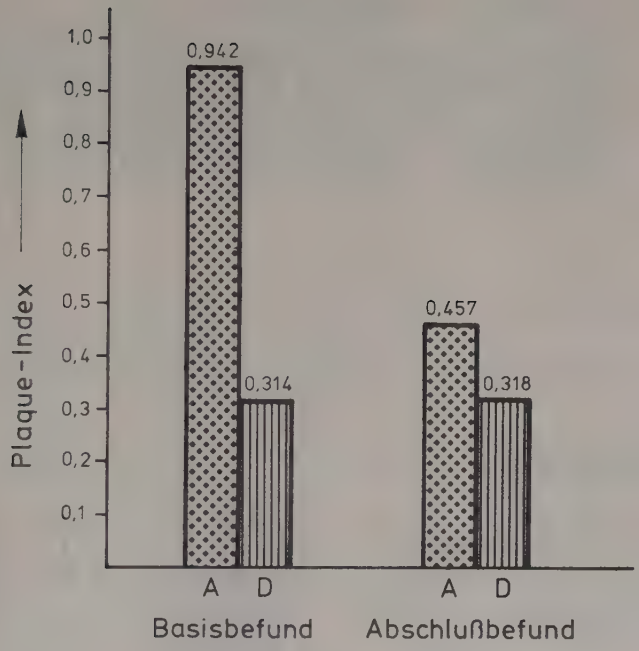


Abb. 10: Plaqueindex nach SILNESS-LÖE
(Mittelwerte für Paste "A" nach 0 und 4 Wochen,
für Paste "D" nach 6 und 10 Wochen)

Die statistische Auswertung (t-Test für unabhängige Stichproben, angewandt auf die jeweiligen Differenzen als Maßzahlen) zeigte einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den beiden Zahnpasten ($p = 0{,}001^{***}$). Infolge der signifikant niederen Ausgangswerte für Paste "D" nach der zweiwöchigen Pause kann dieses Ergebnis nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 4: PLAQUEINDEX NACH SILNESS-LÖE

Es sind die Mittelwerte (m), Standardabweichungen (s), Mittel der Differenzen und Ergebnisse des t-Tests für abhängige Stichproben für die Pasten "A" und "D" sowie die prozentuale Veränderung der Plaquebildung vom Basis- zum Abschlußbefund (nach jeweils vier Wochen) angegeben.

	Paste "A"		Paste "D"	
	m	s	m	s
1. Untersuchung (Basisbefund)	0,942	0,427	0,314	0,242
2. Untersuchung (Abschlußbefund)	0,457	0,252	0,318	0,175
Veränderung der Belagsbildung	- 51,5 %		+ 0,5 %	
Mittel der Differenzen 1. - 2. Unters.	m 0,484	s 0,399	m - 0,005	s 0,124
t-Test (abhängig) p	0,000***		0,915	

4.4 Sulcus-Blutungs-Index

Nach beiden Versuchsperioden wurden im Vergleich zum jeweiligen Ausgangsbefund Verbesserungen des Sulcus-Blutungs-Index registriert. Während der Anwendung von Paste "D" kam es zu einer deutlicheren, jedoch statistisch ebenfalls nicht auffälligen Verringerung subtiler Entzündungszeichen (Tab. 5). In den Abbildungen 11 und 12 werden einerseits Basis- und Abschlußwerte, andererseits der zeitliche Verlauf bezüglich des Sulcus-Blutungs-Indexes dargestellt.

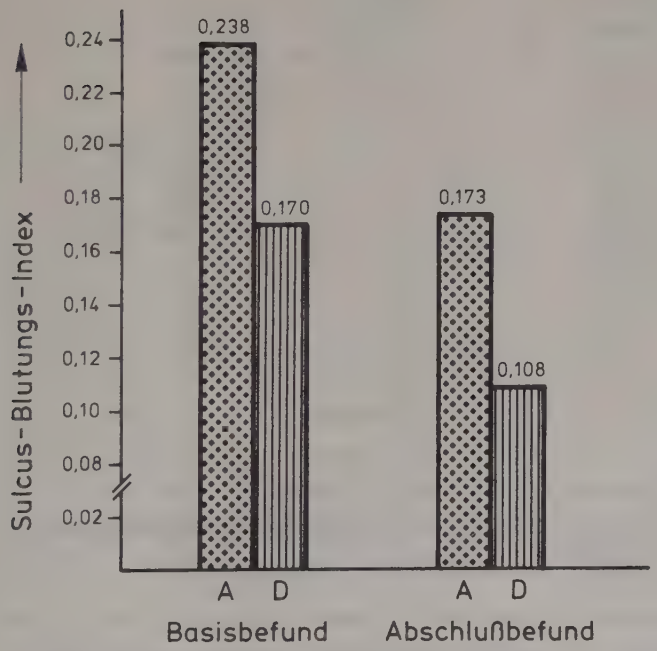


Abb. 11: Sulcus-Blutungs-Index nach MÜHLEMANN und SON (Mittelwerte für Paste "A" nach 0 und 4 Wochen, für Paste "D" nach 6 und 10 Wochen)

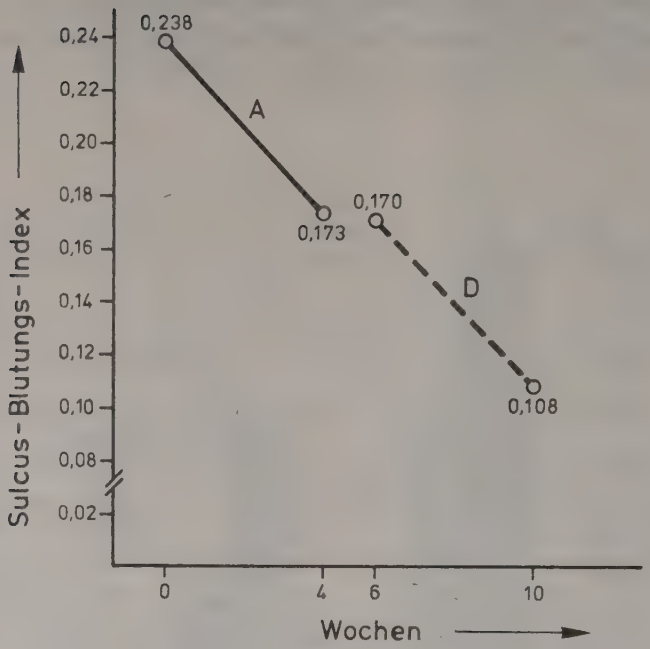


Abb. 12: Sulcus-Blutungs-Index nach MÜHLEMANN und SON (zeitlicher Verlauf)

Die Gegenüberstellung der SBI-Werte von Paste "A" zu Paste "D" mittels des angegebenen t-Tests war bei einer Wahrscheinlichkeit von p = 0,952 weder auffällig noch signifikant.

Tabelle 5: SULCUS-BLUTUNGS-INDEX

Es sind die Mittelwerte (m), Standardabweichungen (s), Mittel der Differenzen und die Ergebnisse des t-Tests für abhängige Stichproben für die Pasten "A" und "D" sowie die prozentuale Veränderung des SBI-Indexes vom Basis- zum Abschlußbefund (nach vier Wochen) pro Paste dargestellt.

	Paste "A"		Paste "D"	
	m	s	m	s
1. Untersuchung (Basisbefund)	0,238	0,130	0,170	0,103
2. Untersuchung (Abschlußbefund)	0,173	0,073	0,108	0,079
Veränderung des Sulcus-Blutungs-Index	- 27 %		- 37 %	
Mittel der Differenzen 1. - 2. Unters.	m 0,065	s 0,128	m 0,061	s 0,113
t-Test (abhängig) p	0,167		0,140	

5. Diskussion der Ergebnisse

Der Keratinisationsindex zeigte während der Anwendung von Paste "A" eine feststellbare Reduktion, während durch Applikation der Paste "D" die Keratinisation auffällig verbessert wurde. In Paste "A" war ein Tensidgehalt von 7,8 % Natrium-Laurylsulfat, in Paste "D" ein Tensidgehalt von 0,7 % medizinische Seife vorhanden. Aus dem vorliegenden Ergebnis kann geschlossen werden, daß durch eine höhere Tensidkonzentration, wie sie in Paste "A" vorlag, ein negativer Einfluß auf die Keratinisation ausgeübt wird. Dieselbe keratolytische Wirkung von Zahnpasten mit einem höheren Tensidgehalt als 1 - 2 % wurde auch schon von anderen Untersuchenden beobachtet (WANNENMACHER, E. 1974, FLORES DE JACOBY, L., THOR, G. und LANGE, D.E. 1975). Dagegen führen Zahnpasten mit einem Tensidgehalt bis 1,2 oder 1,5 %, wie in Paste "D" vorliegend (0,7 %), in Verbindung mit einer intensiven Mundpflege durchaus zu einer "günstigen Beeinflussung der Desquamation des Epithels" (WANNENMACHER, E. 1961, 1974). Die von diesen Zahnpasten ausgehenden keratolytischen Einflüsse können nach FLORES DE JACOBY, L. et al. (1975) zugunsten des Reinigungseffektes und des durch die Plaqueentfernung eingetretenen Entzündungsrückganges in der Gingiva vernachlässigt werden.

Beim Gingivaindex ergeben sich für die Paste "D" auffällige Verbesserungen der Entzündungsgrade an der Gingiva, während die Anwendung der Paste "A" zu einer Vermehrung der Entzündungssymptome führte. Das schlechte Abschneiden der Paste "A" kann hier auf den hohen Gehalt an Tensiden zurückgeführt werden. Im gleichen Sinne äußerten sich bereits 1943 MATTIG, G. und JÄGER, R., als sie bemerkten, daß das Einwirken von Netzmitteln tiefe Rißbildungen bis in die unteren Lagen des Epithels zur Folge hätte. Sie wiesen weiter darauf hin, daß so Mikroorganismen unter die Oberfläche der durch Netzmittel aufgerauhten Schleimhaut eindringen und hier zunächst Entzündungsformen im Sinne der marginalen Gingivitis verursa-

chen könnten. Ähnliche Beobachtungen beschrieben FLORES DE JACOBY, L. et al. (1975): "... mit einem Netzmittelgehalt oberhalb von 5 % trotz sorgfältiger Zahnbürstenanwendung beim Patienten livid verfärbte und schwammartige Interdentalpapillen verursachen." Verändert wird das Ergebnis durch eine während des Versuchs verbesserte Mundhygiene, die bei derartigen Studien nie auszuschließen ist. Auch über eine gingivale Massage und Stimulation durch die Bürste kommt es zu einer Verbesserung der Resultate beider Pasten.

Beim Plaque-Index nach SILNESS-LÖE ließ sich bei Paste "A" eine hochsignifikante Änderung feststellen, während Paste "D" bei niedrigem Index-Wert keinerlei Veränderung zeigte. Für die starke Plaque-Reduktion bei Paste "A" waren neben dem hohen Tensidgehalt (LAMMERS, T. 1961, FLORES DE JACOBY, L. et al. 1975, RIETHE, P. 1974, 1980) auch wieder die intensive Mundhygiene während des laufenden Versuchs von Bedeutung. Das statistisch unauffällige Abschneiden der Paste "D" läßt sich auf den niedrigen Ausgangswert (Basiswert) nach der zweiwöchigen Pause zurückführen*). Dieser überraschend niedere (mittlere) Basiswert für Paste "D" läßt sich auf eine zwischenzeitlich erfolgte Mundhygieneinstruktion durch einen nicht informierten Assistenten zurückführen. Diese einmalige Motivation veränderte die Mundhygieneverhältnisse dahingehend, daß sich die Mundhygiene zu Beginn des zweiten Durchganges entsprechend verbesserte.

Beide Zahnpasten führten zu einer kontinuierlichen Abnahme des Sulcus-Blutungs-Indexes, bei Paste "D" steiler verlaufend. Dieses Ergebnis verdeutlicht die Wirksamkeit der Tenside - auch geringer Konzentration - auf die Plaque.

---

*) Versuch wurde nicht ausgewertet.

6. Zusammenfassung

In einer klinischen Untersuchung wurden in einem Doppelblindversuch zwei Zahnpasten mit unterschiedlichem Tensidgehalt in ihrer Wirkung auf Gingiva und Plaque getestet. Paste "A" enthielt als Putzkörper Kalziumkarbonat und 7,8 % anionaktive Tenside (Natrium-Laurylsulfat).Paste "D" enthielt den gleichen Putzkörper und 0,7 % medizinische Seife.

Die Probanden wurden angehalten, zweimal täglich in der bisher üblichen Weise mit der jeweils ausgegebenen Zahnpaste ihre Zähne zu reinigen.

Neben der indexmäßigen Erfassung des Entzündungsgrades der Gingiva anhand von Keratinisationsindex, Gingivaindex nach SILNESS-LÖE und Sulcus-Blutungs-Index nach MÜHLEMANN und SON, erfolgte eine Registrierung der hygienischen Verhältnisse der Mundhöhle durch die Bestimmung des Plaqueindex nach SILNESS-LÖE.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels t-Test für abhängige Stichproben für den Vergleich innerhalb der Gruppen. Für den Vergleich der Pasten lagen als Maßzahlen die jeweiligen Differenzen der Untersuchungen vor. Auf diese wurde der t-Test für unabhängige Stichproben angewandt. Hier wurde als Prüfung der Varianzhomogenität der F-Test vorgeschaltet.

Bezüglich ihrer "gingivotherapeutischen" Wirkung zeigte Paste "D" bei allen durchgeführten Indices im Mittel eine positive Tendenz. Paste "A" ließ lediglich im Sulcus-Blutungs-Index eine Verbesserung erkennen. Beim Vergleich beider Pasten gegeneinander waren für den Keratinisations- und den Gingivaindex auffällige bzw. signifikante Unterschiede feststellbar.

Die Reduktion der bakteriellen Plaque war bei Paste "A"

gegenüber Paste "D" besonders deutlich (vgl. Mittelwerttabelle: Basiswert des Plaqueindex bei Paste "A" 0,942 im Mittel, Abschlußwert 0,457 im Mittel; dagegen bei Paste "D" 0,314 als Basiswert und 0,318 als Abschlußwert). Dieses Ergebnis wurde jedoch infolge einer während der laufenden Untersuchung unbeabsichtigter Weise durchgeführten Mundhygieneinstruktion von dritter Seite und der dadurch entsprechend niederen Basiswerte für Paste "D" nicht gewertet.

6. Tabellenanhang

Im Anhang sind alle Probanden mit den zugehörigen Indices erfaßt. Die Probanden wurden unter dem jeweiligen Index in Pastengruppen zusammengefaßt. Die Gruppen werden alphabetisch aufgeführt. Die Daten umfassen die Befunde der Basis- und der Abschlußuntersuchung sowie die sich daraus ergebenden Differenzen zwischen beiden Untersuchungen.

KERATINISATIONSINDICES Paste "A"

NR.	PROBAND	ALTER	1. BASIS-UNTERS.	2. ABSCHLUß-UNTERS.	DIFFERENZ 1 - 2
11	W. S.	21	32	50	- 18
12	L. E.	22	39	25	+ 14
13	R. S.	19	42,5	40	+ 2,5
14	K. W.	25	51	49,5	+ 1,5
15	P. S.	20	18,5	24,5	- 6
17	G. N.	29	59,5	49,5	+ 10
18	J. S.	29	51	59	- 8
19	H. S.	23	39	26	+ 13
20	S. M.	20	39	26,5	+ 13,5

Tabelle 6

GINGIVAINDICES NACH SILNESS-LÖE PASTE "A"

NR.	PROBAND	ALTER	1. BASIS-UNTERS.	2. ABSCHLUß-UNTERS.	DIFFERENZ 1 - 2
11	W. S.	21	0,083	0,056	+ 0,027
12	L. E.	22	0,054	0,116	- 0,062
13	R. S.	19	0,241	0,366	- 0,125
14	K. W.	25	0,045	0,063	- 0,018
15	P. S.	20	0,000	0,009	- 0,009
17	G. N.	29	0,036	0,000	+ 0,036
18	J. S.	29	0,000	0,010	- 0,010
19	H. S.	23	0,000	0,000	± 0,000
20	S. M.	20	0,019	0,019	± 0,000

Tabelle 7

PLAQUEINDICES NACH SILNESS-LÖE PASTE "A"

NR.	PROBAND	ALTER	1. BASIS-UNTERS.	2. ABSCHLUß-UNTERS.	DIFFERENZ 1 - 2
11	W. S.	21	1,185	1,093	+ 0,092
12	L. E.	22	0,857	0,384	+ 0,473
13	R. S.	19	0,438	0,313	+ 0,125
14	K. W.	25	0,509	0,205	+ 0,304
15	P. S.	20	0,875	0,482	+ 0,393
17	G. N.	29	0,679	0,357	+ 0,322
18	J. S.	29	0,808	0,423	+ 0,385
19	H. S.	23	1,777	0,455	+ 1,322
20	S. M.	20	1,346	0,404	+ 0,942

Tabelle 8

SULCUS-BLUTUNGS-INDICES PASTE "A"

NR.	PROBAND	ALTER	1. BASIS-UNTERS.	2. ABSCHLUß-UNTERS.	DIFFERENZ 1 - 2
11	W. S.	21	0,528	0,250	+ 0,278
12	L. E.	22	0,250	0,222	+ 0,028
13	R. S.	19	0,333	0,111	+ 0,222
14	K. W.	25	0,222	0,056	+ 0,166
15	P. S.	20	0,111	0,194	- 0,083
17	G. N.	29	0,139	0,139	± 0,000
18	J. S.	29	0,250	0,278	- 0,028
19	H. S.	23	0,167	0,111	+ 0,056
20	S. M.	20	0,139	0,194	- 0,055

Tabelle 9

KREATINISATIONSINDICES PASTE "D"

NR.	PROBAND	ALTER	1. BASIS-UNTERS.	2. ABSCHLUß-UNTERS.	DIFFERENZ 1 - 2
11	W. S.	21	35	40	- 5
12	L. E.	22	42,5	37,5	+ 5
13	R. S.	19	48	52,5	- 4,5
14	K. W.	25	20	41,5	- 21,5
15	P. S.	20	45,5	37	+ 8,5
17	G. N.	29	28	54	- 26
18	J. S.	29	48,5	60,5	- 12
19	H. S.	23	35	34,5	+ 0,5
20	S. M.	20	27,5	38,5	- 11

Tabelle 10

GINGIVAINDICES NACH SILNESS-LOE PASTE "D"

NR.	PROBAND	ALTER	1. BASIS-UNTERS.	2. ABSCHLUß-UNTERS.	DIFFERENZ 1 - 2
11	W. S.	21	0,056	0,009	+ 0,047
12	L. E.	22	0,080	0,036	+ 0,044
13	R. S.	19	0,232	0,027	+ 0,205
14	K. W.	25	0,018	0,036	- 0,018
15	P. S.	20	0,036	0,000	+ 0,036
17	G. N.	29	0,000	0,000	± 0,000
18	J. S.	29	0,000	0,000	± 0,000
19	H. S.	23	0,000	0,000	± 0,000
20	S. M.	20	0,067	0,000	+ 0,067

Tabelle 11

PLAQUEINDICES NACH SILNESS-LÖE PASTE "D"

NR.	PROBAND	ALTER	1. BASIS-UNTERS.	2. ABSCHLUß-UNTERS.	DIFFERENZ 1 - 2
11	W. S.	21	0,880	0,704	+ 0,176
12	L. E.	22	0,402	0,170	+ 0,232
13	R. S.	19	0,259	0,321	- 0,062
14	K. W.	25	0,080	0,107	- 0,027
15	P. S.	20	0,054	0,179	- 0,125
17	G. N.	29	0,357	0,357	± 0,000
18	J. S.	29	0,279	0,356	- 0,077
19	H. S.	23	0,205	0,277	- 0,072
20	S. M.	20	0,308	0,394	- 0,086

Tabelle 12

SULCUS-BLUTUNGS-INDICES PASTE "D"

NR.	PROBAND	ALTER	1. BASIS-UNTERS.	2. ABSCHLUß-UNTERS.	DIFFERENZ 1 - 2
11	W. S.	21	0,250	0,139	+ 0,111
12	L. E.	22	0,361	0,083	+ 0,278
13	R. S.	19	0,083	0,000	+ 0,083
14	K. W.	25	0,028	0,056	- 0,028
15	P. S.	20	0,111	0,139	- 0,028
17	G. N.	29	0,222	0,056	+ 0,166
18	J. S.	29	0,194	0,278	- 0,084
19	H. S.	23	0,083	0,083	± 0,000
20	S. M.	20	0,194	0,139	+ 0,055

Tabelle 13

7. Bildanhang

Um einen ungefähren optischen Eindruck der Veränderung des Entzündungsgrades der Gingiva zu vermitteln, findet sich hier zur Dokumentation der ausgesuchte Fall eines Probanden von der Basisuntersuchung für Paste "A" bis zur Abschlußuntersuchung für Paste "D". Anschließend folgen 4 Fotografien der Abstrichpräparate für den Keratinisationsindex. Das letzte Foto zeigt den während der gesamten Versuchsdauer verwendeten Zahnbürstentyp (multi-tufted-Zahnbürste paro 4 blend-a-myl).

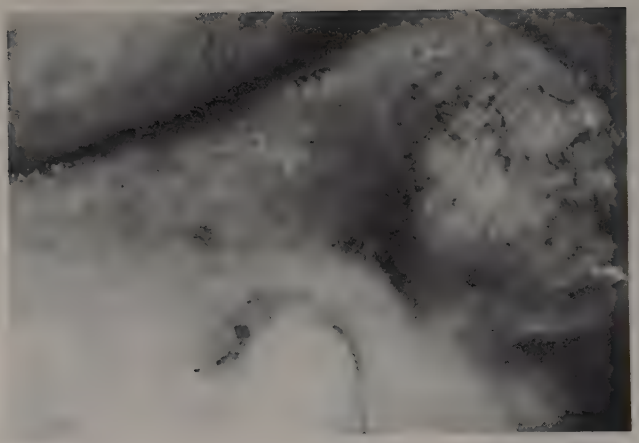


Abb. 13: Proband R. S., 19 J.
Zustand v o r Applikation der Paste "A"
(Basisbefund)

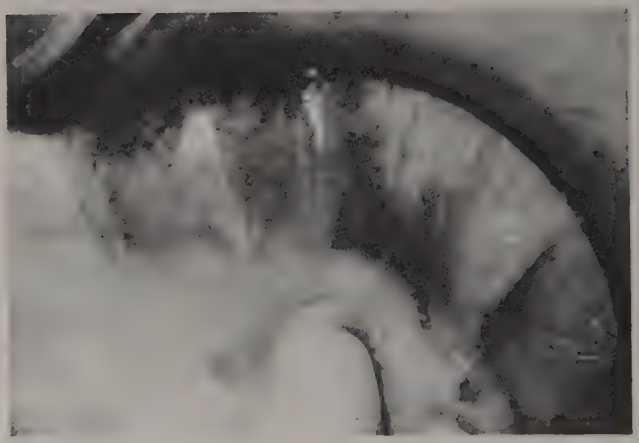


Abb. 14: Proband R. S., 19 J.
Zustand n a c h Applikation der Paste "A"
(Abschlußbefund)

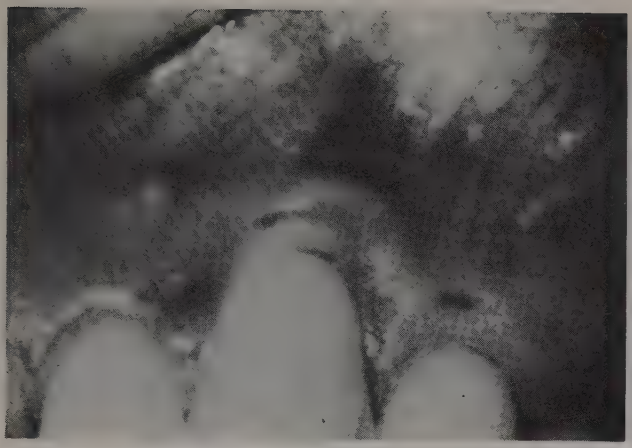


Abb. 15: Proband R. S., 19 J.
Zustand v o r Applikation der Paste "D"
(Basisbefund)

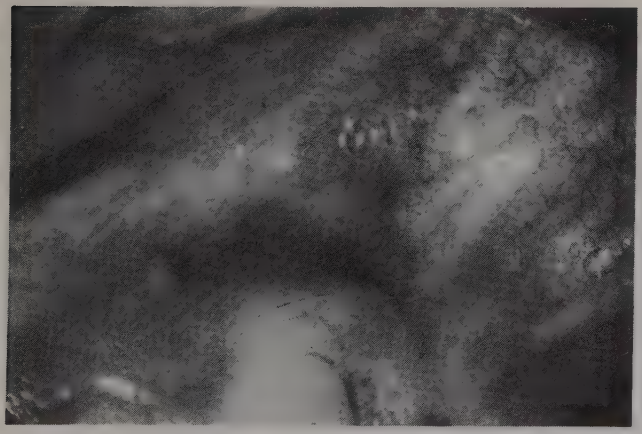


Abb. 16: Proband R. S., 19 J.
Zustand n a c h Applikation der Paste "D"
(Abschlußbefund)

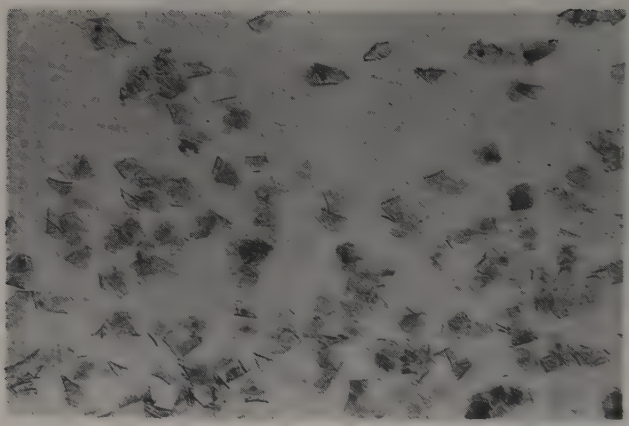


Abb. 17: Abstrichpräparat
Das Verhältnis zwischen kernlosen und kernhaltigen Epithelzellen entspricht dem einer gesunden Gingiva.

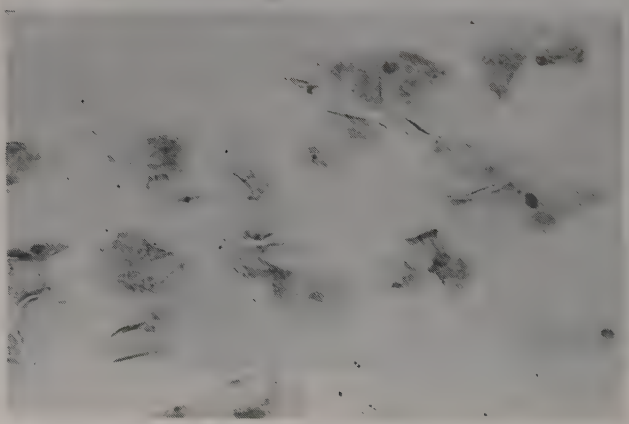


Abb. 18: Abstrichpräparat (vergrößert)
einer gesunden Gingiva.

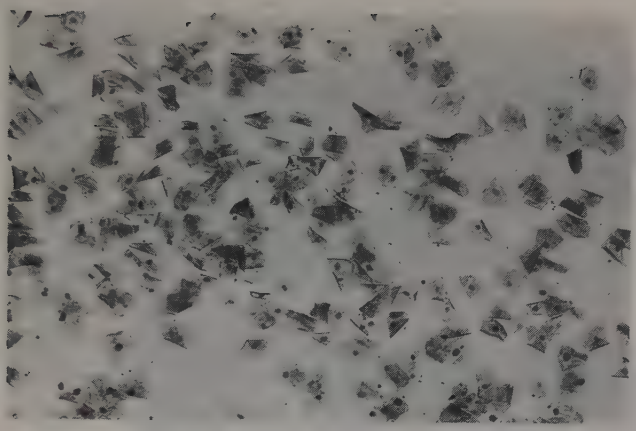


Abb. 19: Abstrichpräparat
einer stark entzündeten Gingiva. Man findet fast ausschließlich kernhaltige Epithelzellen.

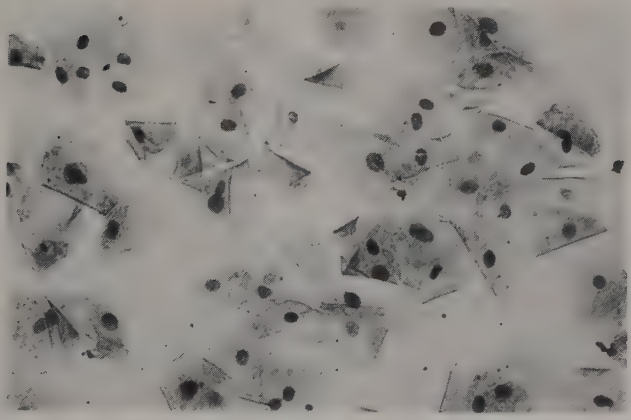


Abb. 20: Abstrichpräparat (vergrößert)
einer stark entzündeten Gingiva.

Abb. 21: multitufted-Zahnbürste
(paro 4 blend-a-myl)

8. Literaturverzeichnis

BANARIUS, R., MIELER, I. und SINGERT, M.: Untersuchungen über den Reinigungseffekt von Zahnbürsten und Zahnpasten;
Dtsch. Stomat. 17, 598 (1967)

BASS, C.C.: The optimum characteristics of toothbrushes for personal oral hygiene;
Dent. Items. 70, 697 (1948)

BEYELER, K. et MOOSER, M.: Recherches à propos du nettoyage des demts avec des brosses à brins naturels et en matières synthétiques, Pouvoir abrasif du brossage avec et sans pâtes dentifrices;
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 70, 123 (1960)

BOSCHMANN, H.W.: Praktische Zytologie;
Walter de Gruyter & Co. Berlin 1960

BOSSARD, F.J.: Reaktivation der Gingiva durch Kochsalz;
Zahnärztl. Rundsch. 67, 122 (1958)

BREITENMOSER, J., MÖRMANN, W. und MÜHLEMANN, H.R.: Zahnfleischverletzungen durch Zahnbürstenborsten;
Acta Parodont. In: Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 88, 79/1 (1978)

CHARTERS, W.J.: Immunizing both hard and soft mouth tissue to infection by correct stimulation with the toothbrush;
J. Amer. dent. Ass. 15, 87 (1928)

DREYFUSS, K.: Beitrag zu Frage der Zahnbürste;
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 65, 1060 (1955)

FLORES DE JACOBY, L., THOR, G. und LANGE, D.E.: Vergleichende klinische und zytologische Untersuchungen nach Anwendung von zwei Zahnpasten;
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 385 (1975)

GABATHULER, H., HASSELL, T.: A Pressure-Sensitive Periodontal Probe;
Helv. odont. Acta 15, 114 (1971)

GLICKMAN, G.: Clinical periodontology, 4th Ed.,
W.B. Saunders Co., Philadelphia 1972

GÜLZOW, H.J. und KEILWERTH, S.: Über Zahn- und Mundpflegegewohnheiten von Studierenden der Universität Erlangen-Nürnberg;
Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 9 (1971)

HARTLMAIER, K.M.: Biologische Mundpflege;
Zahnärztl. Mitt. 46, 80 (1958)

HARTLMAIER, K.M.: Obskure Mundpflege;
Zahnärztl. Mitt. 54, 883 (1964)

HENSCHKE, B., LANGE, D.E. und VAHL, J.: Vergleichende rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen von Zahnbürsten mit Kunststoff- und Naturborsten;
Dtsch. zahnärztl. Z. 33, 220 (1978)

IHM, P. und SCHNELL, H.: Die Zahnpflege des parodontal insuffizienten Gebisses mit Zahnbürste und Wasserstrahl;
Zahnärztl. Prax. 22, 257 (1971)

KLIMA, J. und ROSSIWALL, B.: Zur Gestalt von Zahnbürstenborsten - rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen;
Quintess. zahnärztl. Lit. 27, 113 (1976)

KURTE, D.: Cytologische Untersuchungen am marginalen Parodontium unter Berücksichtigung pathologischer Vorgänge im Sinne der Parodontopathien;
Dtsch. Zahnärztebl. 16, 196 (1962)

LAMMERS, T.: Biologische Wirkungen oberflächenaktiver Stoffe in Zahnpasten;
Fette, Seifen, Anstrichmittel 63, 628 (1961)

LANGE, D.E.: Das Gingivazytogramm bei der Untersuchung von Funktion und Reaktion im Epithel;
Stoma 18, 81 (1965)

LANGE, D.E.: Zellphysiologie und Funktion des menschlichen Gingivaepithels;
Carl Hanser Verlag München 1972

LAUX, K.: Die grenzflächenaktiven Stoffe.
In: Chemische Technologie.
Bd. IV. S. 153. Carl Hanser Verlag
München 1960

LEBLOND, C.P., GREULICH, R.C. and PEREIRA, J.P.M.: Relationsship of cell formation and cell migration in the reneval of stratified squamous epithelia, S. 35 - 37.
In: Advances in biology of skin ed. W. Montagna and R.E. Billingham
Pergamon Press London/New York (1964)

LEIMGRUBER, C.: Etwas über Zahnbürsten;
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 61, 590
(1951)

MATOLSKY, A.G.: "Mechanism of keratinization", S. 1 - 25.
In: Fundamentals of keratinization, ed. E.O. Bucher and R.F. Sognnaes;
Amer. Ass. Adv. Sci. 70, Washington D.C. 1962

MATTIG, G. und JÄGER, R.: Netzmittel und Parodontalschäden;
Klin. Wschr. 22, 748 (1943)

MÖLLER, H.: Die Bedeutung von Tensiden in pastenförmigen Zahnpflegemitteln - eine experimentelle Studie -
Med. Diss. Duisburg (1975)

MÜHLEMANN, H.R.: Das weibliche Parodont unter dem Einfluß geschlechtsspezifischer Hormone;
Stoma 1, 3 (1952)

MÜHLEMANN, H.R. und KÖNIG, K.G.: Zahnkaries im Tierexperiment;
Ciba Symp. 13, 65 (1965)

MÜHLEMANN, H.R. and SON, S.: Gingival Sulcus Bleeding - a Leading Symptom in Initial Gingivitis;
Helv. Odont. Acta 15, 107 (1971)

MÜHLEMANN, H.R.: Einführung in die orale Präventivmedizin.
Huber, Bern 1974

MÜHLEMANN, H.R.: Zahnpasten und neue Abrasivstoffe.
In: Individuelle orale Präventivmedizin; Fortbildungskurs, Zahnärztl. Inst.
Zürich 2./3. März 1978

MÜNCH, J.: Netzmittel und Zahnfleischschäden;
Zahnärztl. Praxis 6, 4 (1955)

PAPANICOLAOU, G.N.: The sexual cycle in the human female as revealed by vaginal smears;
Amer. J. Anat. 52, 519 (1933)

PFRENGLE, O.: Abrasion und Reinigungskraft von Putzkörpern in Zahnpasten;
Fette, Seifen, Anstrichmittel 63, 445 (1961)

PLATHNER, C.H.: Zahn- und Mundpflege in moderner Sicht und unsere hiesigen Zahnpasten;
Dtsch. Stomat. 8, 138 (1958)

RAMFJORD, S.P.: Indices for incidence and prevalence of periodontal disease;
J. Periodont. 30, 51 (1959)

RATEITSCHAK, K.H., RENGGLI, H.H. und MÜHLEMANN, H.R.: Parodontologie.
2. Aufl. Thieme,Stuttgart 1978

REBEL, H.H.: Zahnfleischveränderungen nach Netzmitteln;
Medizinische 3, 1557 (1954)

RIETHE, P.: Methoden der mechanischen Zahnreinigung und Zahnfleischmassage;
Zahnärztl. Welt 63, 530 (1962)

RIETHE, P.: Untersuchungen über die Wirksamkeit von Mundpflegemitteln;
Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 134 (1965)

RIETHE, P.: Beitrag zur Wirkung grenzflächenaktiver Stoffe auf die Gingiva;
In: Les Parodontopathies, Georg u. Cie., Genf-Paris S. 347 (1966)

RIETHE, P.: Studien zur Mundhygiene mit grenzflächenaktiven Stoffen;
J. Soc. Cosm. Chemists. 18, 291 (1967)

RIETHE, P.: Paramecium Caudatum als Indikator für den Einfluß grenzflächenaktiver Substanzen;
Dtsch. Zahn-, Mund-Kieferheilk. 54, 37 (1970)

RIETHE, P.: Die Quintessenz der Mundhygiene.
Verlag die "Quintessenz", Berlin 1974

RIETHE, P.: Zahnpasten - kosmetische, prophylaktische oder therapeutisch-prophylaktische Mittel?
Zahnärztl. Mitt. 66, 1083 (1976)

RIETHE, P.: Klin.-experimentelle Untersuchungen über den Putzeffekt einer V- und Multituft-Bürste mit H_2O;
Zahnärztl. Mitt. 67, 723 (1977)

RIETHE, P. und MUNZ, H.-U.: Besteckungsmaterialien und Fremdauflagerungen;
Kariesprophylaxe 1, 97 (1979)

RIETHE, P., SCHMELZLE, R. und SCHWENZER, N.: Arzneimitteltherapie in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.
Georg Thieme-Verlag, Stuttgart 1980

SALZMANN, O.: Mund- und Zahnpflegemittel. In:
Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 4. Aufl., Verlag Chemie, Weinheim 1975

SANGES, G. and GJERMO, P.: Prevalence of oral soft and hard tissue lesions related to mechanical tooth cleaning procedures;
Com. Dent. oral Epidemiol. 4, 77 (1976)

SAUERWEIN, E.: Traktat über die Zahnbürste;
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 121 (1962)

SCHUBERT, L.: Zur Ätiologie der singulären chronischen marginalen Parodontitis; Zahnärztl. Welt 64, 690 (1963)

SCHWARZ, E.: Zum Schicksal der Purine und Pentosen aus dem Nucleinsäure-Abbau während der epidermalen Keratinisation; Fortschr. Med. 82, 383 (1964)

SCHWEIZER-HIRT, C.: Abgerundete Zahnbürstenborstenenden? Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 89, 69/1 (1979)

SILNESS, J. and LÖE, H.: Periodontal disease in pregnancy 1 prevalence and severity; Acta odont. scand. 21, 533 (1963)

SILNESS, J. and LÖE, H.: Periodontal disease in pregnancy 2 correlation between oral hygiene and periodontal condition; Acta odont. scand. 22, 121 (1964)

SMOLKA, H. and SOOST, H.J.: Grundriß und Atlas der gynäkologischen Zytodiagnostik. Georg Thieme-Verlag, Stuttgart 1965

STEGEMANN, E.-A., LANGE, D.E., WEGNER, C.: Experimentelle Untersuchungen zur Standardisierung oraler exfoliativ-zytologischer Nachweisverfahren unter Verwendung des Keratinisationsindexes; Dtsch. zahnärztl. Z. 29, 472 (1974)

WANNENMACHER, E.: Auswirkungen von Zahnpflegemitteln auf Zahnhartgewebe und Schleimhaut; Fette, Seifen, Anstrichmittel 63, 934 (1961)

WANNENMACHER, E.: Prophylaxe im Kauorgan, aber wie? Öst. Z. Stomat. 4, 150 (1963)

WANNENMACHER, E.: Über Auswirkungen von Tensiden auf die Mundschleimhaut; Quintessenz zahnärztl. Lit. 25, 63 (1974)

Zahnärztl. Arzneimittelausschuß: Die Werbung für Zahnpasten mit sog. therapeutischen Zusätzen; Zahnärztl. Mitt. 66, 672 (1976)

Herrn Prof. Dr. Dr. P. Riethe möchte ich für die Überlassung des Themas sowie für seine wertvolle und freundliche Unterstützung herzlich danken.

Mein Dank gilt auch Herrn G. Schubring vom Zentrum für Datenverarbeitung. Er führte die statistische Auswertung durch und stand mir stets mit fachkundigem Rat bei der Abfassung des statistischen Teils dieser Arbeit zur Seite.

Lebenslauf

Am 31. Januar 1954 wurde ich, Reinhold Abt, als vierter Sohn des selbständigen Uhrmachermeisters Josef Abt und dessen Ehefrau Antonie, geb. Reisch, in Fellheim, Landkreis Unterallgäu, geboren.

Von September 1960 bis August 1967 besuchte ich die Volksschule in Fellheim, anschließend bis August 1971 die Realschule in Memmingen. Nach der mittleren Reife wechselte ich an das Allgäu-Gymnasium in Kempten über und legte dort 1974 die Reifeprüfung ab.

Den Grundwehrdienst absolvierte ich vom 1.7.1974 bis zum 30.9.1975.

Im Wintersemester 1975/76 begann ich an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen mit dem Studium der Zahnheilkunde. Nach der naturwissenschaftlichen Vorprüfung im Herbst 1976 und der zahnärztlichen Vorprüfung im Frühjahr 1978 schloß ich mein Studium am 10. Dezember 1980 mit dem Staatsexamen ab.

Seit März 1981 bin ich als Assistenzzahnarzt in einer Praxis in Reutlingen tätig.